

Isabel Maria Gonçalves Corrêa de Sepúlveda

**Contribuição para o Estudo do Comportamento a
Longo Prazo do Cobre, em Solos Arenosos
Submetidos a Aplicações de Efluentes de Suinicultura**

LISBOA

1998

Isabel Maria Gonçalves Corrêa de Sepúlveda

**Contribuição para o Estudo do Comportamento a
Longo Prazo do Cobre, em Solos Arenosos
Submetidos a Aplicações de Efluentes de Suinicultura**

Dissertação apresentada para a obtenção
do grau de Doutor em Engenharia do
Ambiente, Sistemas Naturais e suas
Tensões, pela Universidade Nova de
Lisboa Faculdade de Ciências e
Tecnologia

A investigação apresentada nesta
dissertação foi parcialmente financiada
pela Junta Nacional de Investigação
Científica e Tecnológica e pela Direcção
Geral do Ambiente.

LISBOA

1998

Nº de Arquivo
"copyright"

AGRADECIMENTOS

Ao longo destes últimos anos foi-me dado o privilégio e a honra de conhecer, conviver e trabalhar com três pessoas verdadeiramente brilhantes: Wim Salomons, Fernando Santana e Jan Bril. O Prof. Wim Salomons, pela sua extraordinária perspicácia, acuidade, capacidade de diagnóstico e por um invejável poder de síntese. O Prof. Fernando Santana, pela sua infundável e vertiginosa criatividade e originalidade, pela sua tremenda e profunda inteligência e pela sua capacidade de ensinar alegremente. O Dr. Jan Bril, pelos seus infundáveis e multivariados conhecimentos e pelo seu inesgotável empenho e entusiasmo naquilo em que é bom, muito bom, a modelação.

Para estas três pessoas grandes vão os meus agradecimentos, do fundo do coração, porque eles me transmitiram aquilo que é mais importante em qualquer tarefa: motivação, estímulo, valor e, acima de tudo, vontade de dar o melhor de mim.

Ao Prof. Doutor António Réfega, pela sua integridade, amizade e confiança sem restrições, pela sua disponibilidade e generosidade sem limites e por tudo o que me ensinou.

Ao Dr. Jan Japenga, Director do Departamento "Soil Environmental Chemistry", do AB-DLO (Institute for Agrobiology and Soil Fertility Research), Holanda, agradeço a amizade e simpatia, a informalidade e a prontidão que sempre manifestou relativamente à colaboração do Dr. Jan Bril, ou quaisquer outros contactos com o seu Departamento.

Ao Prof. Doutor Tiago Mexia, agradeço o apoio prestado no delineamento experimental dos ensaios de adsorção, com vista a uma optimização da análise estatística.

A Nari, à Zé e à Ana (Dr. Helena Muelle, Dr. Maria José Correia e Dr. Ana Xavier, respectivamente) agradeço o seu empenho e cuidado na realização de grande parte do trabalho analítico envolvido neste trabalho. A elas agradeço ainda a amizade demonstrada ao longo destes anos, o apoio e compreensão nos momentos em que este trabalho foi uma "barra pesada", e todos os bons (e menos bons) momentos que partilhámos até agora.

Ao Luis Nunes (Eng.), que actualmente é Assistente na Universidade do Algarve, porque foi a primeira pessoa que trabalhou comigo neste Projecto. A ele agradeço a confiança que rapidamente me inspirou, a sua capacidade de improvisar e desembaraço responsáveis, e o empenhamento em dar o melhor em tudo aquilo em que participou.

Não posso deixar de referir o Eduardo (Dr. Eduardo Mateus), porque embora não estivesse directamente envolvido, as nossas conversas sempre foram estimulantes e algumas delas autênticas descobertas, levantando muitas vezes pistas interessantes.

A Presidência do Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT), agradeço a realização das análises de caracterização do solo, no Centro de Pedologia. A Eng. Paula Coimbra, da Controlab (Dias de Sousa), e à Dr. Maria João Benoliel (EPAL), agradeço a disponibilidade e ajuda na realização de algumas análises no início do trabalho experimental. A Dr. Isabel Moura e Dr. Teresa Vinhas (DGA), agradeço a possibilidade da realização rigorosa das determinações de metais.

Ao Dr. Pierre Castillo, AB-DLO, agradeço as frutuossas conversas sobre métodos de extracção da solução do solo, bem como a partilha da sua grande e longa experiência neste domínio.

Ao Prof. Eugénio Sequeira, pelo seu interesse e curiosidade, agradeço a sempre pronta disponibilidade e as inúmeras e frutuossas discussões.

À D. Rosário, pela sua inesgotável energia e vontade de trabalhar e ajudar.

A todas as pessoas do Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, da Faculdade de Ciências e Tecnologia/Universidade Nova de Lisboa, que directa ou indirectamente estiveram envolvidas neste trabalho (nomeadamente Eng. Fátima Calão, Dr. Margarida, José Drumond e Conceição Borié, coordenados pela Prof. Doutora Conceição Santos), vai também o meu apreço e sincero reconhecimento.

À minha MÃE, ao meu PAI e à Ana I, que tiraram todas as pedras do meu caminho, agradeço, para sempre, a sua permanente disponibilidade, infinita compreensão e afecto. Quero também falar do Nuno e da Rosário, da Ana II, do Luis, da Maria e da Teresa, porque todos eles acreditam em mim e porque sem o seu apoio, estímulo e alegria, este trabalho teria sido uma tarefa penosa e não um prazer.

Ao MIGUEL porque tu és feliz e transmites felicidade e orgulho. Porque pelo que tu és, tudo vale a pena. Porque tu me aceitas como eu sou. Porque tu és o melhor filho do mundo. Porque, ao longo de todos os dias dos teus 11 anos, tu és a minha maior e mais verdadeira recompensa. Este trabalho está aqui porque tu existes e é para ti. *um mi, um bi e um xi.*

RESUMO

Actualmente verifica-se uma preocupação crescente com os problemas ambientais resultantes da acumulação de metais pesados no solo, face ao risco de contaminação quer da cadeia alimentar, quer das águas subterrâneas. Uma das vias desta contaminação, nomeadamente com Cu, resulta da aplicação ao solo de efluentes de suinicultura. Para além do aumento do nível de Cu, a aplicação destes resíduos orgânicos altera as condições do próprio solo (matéria orgânica, pH, potencial redox, força iónica), o que pode ter repercussões importantes na natureza das espécies metálicas presentes, influenciando o seu comportamento a longo prazo. Com este trabalho procurou-se contribuir para o conhecimento dos factores que afectam a mobilização do Cu em solos arenosos, submetidos à aplicação de efluentes de suinicultura. Os estudos de adsorção mostraram que este tipo de solo tem uma capacidade relativamente baixa de retenção do Cu. A equação de Freundlich para duas espécies (TSF) descreveu com rigor a adsorção de Cu, que depende da actividade deste metal e do pH. No solo, o Cu predominava em formas de baixa labilidade. Nas fracções mais lábeis, verificou-se que o Cu adsorvido + complexado era a mais importante. A capacidade de complexação do carbono orgânico dissolvido (DOC) era relativamente fraca, predominando as cargas resultantes da dissociação de grupos carboxílicos. A matéria orgânica do solo, MO, manifestou um maior número de cargas provenientes da dissociação de grupos fenólicos, sendo, essencialmente, de natureza "húmica", e com alguma capacidade de retenção do Cu solúvel, admitindo-se que fosse responsável por uma parte importante da imobilização do metal no solo superficial. A aplicação de efluente nos Talhões experimentais mostrou a ocorrência de transporte de Cu ao longo do perfil do solo, estando o seu comportamento, ao longo do período experimental, e em profundidade, significativamente correlacionado com o DOC. Na solução do solo, o Cu predominou como complexos organo-metálicos, Cu-DOC, (superior a 95%), sendo potencialmente mobilizável em profundidade. Outros constituintes da solução do solo, como o Ca e, nomeadamente o Fe e Al, competem com o Cu para a formação de complexos Cu-DOC. Dado que uma larga fracção do Cu solúvel permaneceu complexado com o DOC, quer ao longo do tempo, quer em profundidade, considerou-se existirem condições para o "transporte facilitado" deste metal, sendo o DOC uma variável de estado para a dinâmica do Cu no solo. Embora neste caso de estudo as concentrações de Cu susceptíveis de transporte fossem muito baixas, sucessivas adições externas deste metal ao solo, podem aumentar a quantidade potencialmente mobilizável. Previsões do comportamento do Cu a longo-prazo, mostraram que o transporte de Cu depende não só

da sua concentração, como também do DOC e do pH. Constatou-se que, ao longo de 50 anos de simulação, ocorreu transporte de Cu, mas a sua concentração não atingiu concentrações ambientalmente preocupantes.

A contextualização dos resultados leva a admitir que os impactes ambientais provenientes de aplicações de efluente em solos das regiões do Norte da Europa, sejam superiores aos previsíveis para solos da região Mediterrânica, em consequência de diferenças na capacidade de acumulação (teores e tipo de MO e DOC, pH, intensidade de sistemas de uso) e no regime hidrológico,

Palavras-Chave: cobre; mobilização; adsorção; especiação; complexação Cu-DOC; “transporte facilitado”; comportamento a longo-prazo.

SUMMARY

Concern about environmental problems resulting from heavy metals accumulation in soils has recently increased, since their effects on food chain and on groundwater contamination constitute a threat to public health and environmental quality. One source for that contamination, namely with Cu, is soil pig manuring. Besides the increase Cu content, land application of pig manure affects and changes soil conditions (organic matter, pH, redox potential, ionic strength), which can affect metals speciation in soil solution, and then, their long term behaviour. The aim of this study was to contribute for the evaluation of the effects of pig manure application on Cu bioavailability and mobility in sandy soils. The adsorption studies revealed that this soil has a relatively low retention capacity for Cu. The two species Freundlich equation, TSF, describes accurately Cu adsorption, which depends from Cu activity and from pH. Cu in soil prevails in low lability forms. For the more labil fractions, predominates the Cu adsorbed + complexed. The complexation capacity of dissolved organic carbon (DOC) is quite low and basically of "fulvic" nature. Soil organic matter presents a larger dissociation of the phenolic groups, being is nature "humic" like, and demonstrating some ability to retain Cu from soil solution, being responsible for an important part of Cu immobilisation in this soil, namely in the top layers. The effluent application in the experimental plots revealed that Cu mobilisation through the soil profile occurs, being Cu behaviour, during the experimental period and through depth, significantly related with DOC. In soil solution, Cu dominates as organo-metalic complexes, Cu-DOC, (higher than 95%), and then being potentially transportable trough depth. Other soil solution constituents, like Ca and, namely Fe and Al, probably compete with Cu for the formation of Cu-DOC complexes. Since a large fraction of soluble Cu remains complexed with DOC, either trough time, either through depth, there are conditions for the Cu facilitated transport, being the DOC a master variable in what concerns Cu dynamic in this soil. Although in this case study, the Cu concentrations potentially mobile are very low, successive external soil additions of this metal, may enhance the Cu potentially mobile. Long-term Cu behaviour predictions show that Cu transport depends on Cu concentration, DOC and pH. Through 50 years of simulation, Cu transport occurs, but the concentrations of the transported Cu does not threat the environment

According the observed behaviour and comparing soils from northern countries with soils from mediterranean countries, the last ones, by their own environmental characteristics, have a lower capacity to mobilise heavy metals through depth, and then, represent a lower environmental impact.

Keywords: copper; mobilisation; adsorption; speciation; complexes Cu-DOC; "facilitated transport"; long-term behaviour.

SIMBOLOGIA

AAS	- Espectrofotometria de Absorção Atômica
AAS/GF	- Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite
AH	- Ácidos Húmicos
AF	- Ácidos Fúlvicos
BPM	- Baixo Peso Molecular
CE	- Condutividade Eléctrica
CS	- Complexação de Superfície
CQO	- Carência Química de Oxigénio
CTB	- Chemical Time Bombs
CTC	- Capacidade de Troca Catiónica
DOC	- Carbono Orgânico Dissolvido
EDTA	- Ácido etilenodiaminatetra-acético
Eh	- Potencial Redox
EPM	- Elevado Peso Molecular
ETe	- Evapotranspiração Efectiva
ETp	- Evapotranspiração Potencial
GFE	- Energia Livre de Gibbs
HDPE	- Polietileno de Alta Densidade
I	- Força Iónica
IAP	- Produto de Actividade do Ião
ICP	- Acoplamento Indutivo de Plasma
ICP-ES	- Espectrofotometria de Emissão Atómica, com Acoplamento Indutivo de Plasma
K_a	- Constante de Dissociação
K_d	- Coeficiente de Distribuição
K_s	- Coeficiente de Selectividade
K_{sp}	- Produto de Solubilidade
MO	- Matéria Orgânica
MP	- Metal Pesado
P	- Precipitação
PVC	- Cloreto de polivinilo
PP	- Polipropileno
PTFE	- Politetrafluoreto de etileno
S	- Soma das Bases de Troca

SH	- Substâncias Húmicas
T	- Capacidade de Troca Catiônica (CTC)
TSF	- Two Species Freundlich Equation
V	- Grau de Saturação (em bases)

ÍNDICE DE MATÉRIAS

Capítulo 1. Introdução	1
Capítulo 2. Objectivos	9
Capítulo 3. Biogeodinâmica dos Metais Pesados no Sistema Solo	11
3.1. Aspectos Gerais	11
3.2. Retenção de Metais Pesados no Solo	14
3.2.1 Processos de Adsorção	15
3.2.1.1 Troca Catiónica	16
3.2.1.2 Adsorção Específica	18
3.2.1.3 Complexação Orgânica	21
3.2.1.4 Descrição Quantitativa da Adsorção de Iões Metálicos	26
3.2.1.4.1 Isotérmicas de Adsorção e Coeficiente de Distribuição	26
3.2.1.4.2 Modelos de Adsorção Electrostática ou Modelos de Complexação de Superfície	28
3.2.2 Processos de Co-precipitação/Precipitação	29
3.3 Especiação de Metais Pesados na Solução do Solo	31
3.4 Mobilidade e Biodisponibilidade	37
3.5 Principais Factores Controladores da Capacidade do Solo para Reter ou Mobilizar Metais Pesados	41
3.5.1 Efeito da Matéria Orgânica	41
3.5.2 Efeito do pH	43
3.5.3 Efeito das Condições Redox	44
3.6 Modificações a Longo-Prazo	46
3.7 Modelação do Comportamento Geoquímico dos Metais Pesados	49
Capítulo 4. Plano Experimental	55
Capítulo 5. Materiais e Métodos	59
5.1 Ensaio de Campo	59
5.1.1 Selecção do Local	59
5.1.2 Classificação e Caracterização do Solo	60
5.1.2.1 Classificação do Solo	60
5.1.2.2 Caracterização Física e Química do Solo	62
5.1.3 Caracterização Climática	64
5.1.4 Implantação dos Ensaio	65
5.1.5 Caracterização do Efluente	69

5.1.6	Monitorização e Colheita de Amostras	69
5.1.7	Regas	73
5.1.8	Tratamento das Amostras de Solo	73
5.1.9	Extracção da Solução do Solo	73
5.1.10	Programa Analítico	75
5.1.11	Tratamento de Resultados	75
5.2	Ensaio Laboratoriais	76
5.2.1	Estudos de Adsorção do Cobre	76
5.2.1.1	Determinação da Cinética de Adsorção do Cobre	76
5.2.1.2	Ensaio de Adsorção	77
5.2.1.3	Tratamento de Resultados	78
5.2.2	Especiação do Cobre no Solo	81
5.2.2.1	Cobre Total	82
5.2.2.2	Cobre Solúvel	83
5.2.2.3	Cobre Solúvel + Cobre de Troca	83
5.2.2.4	Cobre Solúvel + Cobre de Troca + Cobre Complexado	83
5.2.3	Determinação da Capacidade de Complexação (Desprotonação) da Matéria Orgânica	84
5.2.3.1	Extracção do Carbono Orgânico Dissolvido (DOC)	84
5.2.3.2	Titulação do DOC-Cu	85
5.2.3.3	Descrição do Modelo	85
5.3	Procedimentos Analíticos	86
5.3.1	Técnicas de Descontaminação	86
5.3.2	Análises do Solo	86
5.3.3	Análises da Solução do Solo e Outras Amostras Aquosas	88
5.3.3	Análises do Efluente	90
5.4	Modelação Matemática	92
5.4.1	Programa de Equilíbrio Químico	92
5.4.2	O Programa CHARON	95
5.4.2.1	Módulo de Equilíbrio	96
5.4.2.2	Formulações Usadas no Módulo de Equilíbrio	97
5.4.2.3	Sub-Rotina EXPERT	98
5.4.3	Modelação do Sistema em Estudo	98
5.4.3.1	Pressupostos do Modelo	98
5.4.3.2	Dados de Campo	99
5.4.3.3	Constantes Termodinâmicas	99

Capítulo 6. Análise e Discussão de Resultados	103
6.1 Ensaios Laboratoriais	103
6.1.1 Ensaios de Adsorção	103
6.1.1.1 Cinética de Equilíbrio	103
6.1.1.2 Adsorção do Cobre	105
6.1.1.3 Isotérmicas de Adsorção	109
6.1.1.3 Actividade do Cobre. Complexação Cu-DOC	117
6.1.2 Especiação do Cobre no Solo	119
6.1.3 Capacidade de Complexação da Matéria Orgânica	127
6.1.3.1 Complexação pelo DOC em Solução	127
6.1.3.2 Complexação pela Matéria Orgânica do Solo	129
6.1.4 Considerações Finais	129
6.2 Ensaios de Campo. Influência da Aplicação de Efluente de Suinicultura no Comportamento do Cobre no Solo	131
6.2.1 Variação do Cobre presente na Solução do Solo, em Profundidade	151
6.2.2 Efeitos das Alterações Introduzidas pela Aplicação de Efluente	154
6.2.2.1 Efeito do DOC	154
6.2.2.2 Efeito do Teor em Carbonatos	157
6.2.2.3 Factores que Afectam a Concentração de DOC	161
6.2.3 Considerações Finais	164
6.3 Modelação	166
6.3.1 Especiação do Cobre na Solução do Solo. Efeitos do Efluente Aplicado	166
6.3.1.1 Considerações Gerais	166
6.3.1.2 Especiação do Cobre em Solução	166
6.3.1.3 Variação da Especiação do Cobre ao Longo do Período Experimental	169
6.3.1.4 Actividade do Cobre em Solução	182
6.3.1.5 Avaliação Qualitativa de Potenciais Impactes Ambientais	184
6.3.2 Modelação do Comportamento de Cobre a Longo-Prazo, no sistema solo/efluente	185
6.3.2.1 Validação do Modelo para o Caso de Estudo Considerado	185
6.3.2.2 Simulação do Comportamento a Longo-Prazo (50 anos)	190
6.3.2.2.1 Simulação do Comportamento do Cobre durante o período Experimental	190
6.3.2.2.2 Simulação do Comportamento a Longo-Prazo	192
6.3.3 Considerações Finais	199

Capítulo 7. Conclusões	201
Capítulo 8. Referências Bibliográficas	205
ANEXOS	221
Anexo A1. Temperatura Média Diária Ocorrida Durante o Período Experimental, Estação de Monte-Chãos	223
Anexo A2. Precipitação Diária Ocorrida Durante o Período Experimental, Estação de Monte-Chãos	225
Anexo A3. Classificação Racional de Thornthwaite e Matter	227
Anexo A4. Caracterização Química do Efluente Aplicado e Taxas de Aplicação	229
Anexo A5. Definição do Sistema - Ficheiro de Entrada	231
Anexo A6. Definição do Sistema - ΔG_f^0 e Parâmetros-C	235
Anexo A7. Cinética de Adsorção do Cobre	239
Anexo A8.1 Ensaios de Adsorção do Cobre - Valores Médios	241
Anexo A8.2 Ensaios de Adsorção do Cobre. Resultados Globais	243
Anexo A8.3 Ensaios de Adsorção do Cobre. Determinação da Actividade do Cobre	249
Anexo A9. Especiação do Cobre no Solo	261
Anexo A10. Titulação do DOC do Solo	265
Anexo A11.1 Monitorização dos Talhões Experimentais. Talhão I	277
Anexo A11.2 Monitorização dos Talhões Experimentais. Talhão II	283
Anexo A11.3 Monitorização dos Talhões Experimentais. Talhão III	289
Anexo A12 Simulação a longo-Prazo. Output do Modelo.	295

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 -	Movimento dos metais pesados no ciclo hidrológico	1
Figura 3.1 -	Dinâmica biogeoquímica dos MP no sistema solo	13
Figura 3.2 -	Especiação geoquímica e mobilidade dos MP	14
Figura 3.3 -	Formação de complexos de Cu^{2+} 1:1 e 2:1 com um aminoácido	23
Figura 3.4 -	Especiação geoquímica dos MP	32
Figura 3.5 -	Especiação de MP no solo (em % do teor total)	34
Figura 3.6 -	Processos envolvidos na mobilização dos MP no solo	38
Figura 3.7 -	Papel da matéria orgânica viva e morta na mobilização de MP	42
Figura 3.8 -	Influência do pH na adsorção de MP na fase sólida	44
Figura 3.9 -	Solubilidade dos MP em função do pH e Eh	46
Figura 3.10 -	Ligação entre os parâmetros controladores da capacidade de armazenamento de poluentes no solo e os ciclos dos principais elementos	47
Figura 3.11 -	Equilíbrio dinâmico em sistemas solo	51
Figura 4.1 -	Diagrama relativo ao estudo integrado do comportamento do cobre no solo	55
Figura 5.1 -	Localização do ensaio, Concelho de Santiago do Cacém, Distrito de Setúbal	60
Figura 5.2 -	Solo sub-superficial (50 - 100 cm)	61
Figura 5.3 -	Distribuição mensal da precipitação durante o período experimental	64
Figura 5.4 -	Balanço hídrico sequencial mensal	65
Figura 5.5 -	Esquema da implantação dos talhões experimentais	66
Figura 5.6 -	Implantação dos Talhões Experimentais	67
Figura 5.7 -	Procedimento de aplicação do efluente	69
Figura 5.8 -	Esquema de amostragem e monitorização dos talhões experimentais	71
Figura 5.9 -	Tubos de centrífuga para extracção da solução do solo	74
Figura 5.10 -	Desenvolvimento do programa, com os diferentes módulos de cálculo	93
Figura 6.1 -	Cinética da adsorção do cobre	104
Figura 6.2 -	Adsorção do Cu, para os vários níveis de adição deste metal, em função dos valores de pH	106

Figura 6.3 -	Adsorção do Cu em função do pH, para os vários níveis de adição de metal	107
Figura 6.4 -	Adsorção do Cu, expressa em percentagem do metal adicionado	108
Figura 6.5 -	pH de equilíbrio, para as diferentes condições experimentais	109
Figura 6.6 -	Isotérmicas de adsorção do Cu em função do Cu total dissolvido	110
Figura 6.7 -	Isotérmicas de adsorção do Cu em função da actividade do Cu^{2+}	111
Figura 6.8 -	Isotérmicas de adsorção do Cu em função do Cu total dissolvido. Linearização da equação de Freundlich	113
Figura 6.9 -	Isotérmicas de adsorção do Cu em função da concentração de Cu^{2+}. Linearização da equação de Freundlich	114
Figura 6.10 -	Variação da adsorção de Cu em função do $\log \text{Cu}^{2+} + \text{pH}$	115
Figura 6.11 -	Produto do Cu adsorvido (moles Kg^{-1}) e $(\text{H}^+)^{0.477}$, como função da actividade do Cu	116
Figura 6.12 -	Relação entre a actividade do Cu (a_{Cu}) e a concentração total de Cu em solução	117
Figura 6.13 -	Influência do carbono orgânico dissolvido na formação de complexos Cu-DOC	118
Figura 6.14 -	Distribuição percentual das diferentes fracções de Cu com a profundidade	120
Figura 6.15 -	Distribuição das fracções de Cu mais lábil, em profundidade	121
Figura 6.16 -	Distribuição percentual das fracções de Cu mais lábil, em profundidade	121
Figura 6.17 -	Variação do Cu solúvel e do DOC em profundidade	123
Figura 6.18 -	Distribuição das fracções A, B e C, de Zn, em profundidade	125
Figura 6.19 -	Distribuição das fracções A, B e C, de Fe, em profundidade	125
Figura 6.20 -	Distribuição das fracções A, B e C, de Mn, em profundidade	126
Figura 6.21 -	Distribuição das fracções A, B e C, de Al, em profundidade	126
Figura 6.22 -	Curvas de titulação do DOC	127
Figura 6.23 -	Talhão I. Variação da concentração de Cu na solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental	133
Figura 6.24 -	Talhão II. Variação da concentração de Cu na solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental	135

Figura 6.25 - Talhão III. Variação da concentração de Cu na solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental	137
Figura 6.26 - Talhão I. Variação da concentração de DOC na solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental	139
Figura 6.27 - Talhão II. Variação da concentração de DOC na solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental	141
Figura 6.28 - Talhão III. Variação da concentração de DOC na solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental	143
Figura 6.29 - Talhão I. Variação do pH na solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental	145
Figura 6.30 - Talhão II. Variação do pH na solução do solo, em profundidade, em profundidade, ao longo do período experimental	147
Figura 6.31 - Talhão III. Variação do pH na na solução do solo, em profundidade, em profundidade, ao longo do período experimental	149
Figura 6.32 - Talhão III . Variação da concentração de Cu em solução, em profundidade, decorrente da 1ª aplicação de efluente	152
Figura 6.33 - Talhão III. Variação da concentração de Cu em solução, em profundidade, decorrente da 2ª aplicação de efluente	152
Figura 6.34 - Talhão III. Variação do DOC em profundidade, durante o período correspondente à 1ª aplicação de efluente	154
Figura 6.35 - Talhão III. Variação do DOC em profundidade, durante o período correspondente à 2ª aplicação de efluente	155
Figura 6.36 - Talhão I. Concentração de Cu relativamente ao DOC, na camada 0 a 5 cm	156
Figura 6.37 - Talhão III. Concentração de Cu relativamente ao DOC, na camada 0 a 5 cm	156
Figura 6.38 - Talhão I. Relação entre Cu solúvel e teor em CO_3, na camada superficial	157
Figura 6.39 - Talhão III. Relação entre Cu solúvel e teor em CO_3, na camada superficial	158
Figura 6.40 - Talhão III. Especificação Cu-CO_3, na camada superficial do solo, ao longo do período experimental	159
Figura 6.41 - Talhão III. Especificação Cu-CO_3, em função do pH, na solução do solo da camada superficial	159
Figura 6.42 - Talhão I. Relação entre DOC e teor em CO_3, na camada superficial	160

Figura 6.43 - Talhão III. Relação entre DOC e teor em CO_3, na camada superficial	161
Figura 6.44 - Talhão I. Relação entre DOC e teor em Ca, na camada superficial	162
Figura 6.45 - Talhão II. Relação entre DOC e teor em Ca, na camada superficial	163
Figura 6.46 - Talhão I. Relação entre DOC e força iônica, na camada superficial	163
Figura 6.47 - Talhão III. Relação entre DOC e força iônica, na camada superficial	164
Figura 6.48 - Talhão I. Especiação do Cu (%), em função do pH, ao longo do período experimental	167
Figura 6.49 - Talhão III. Especiação do Cu (%), em função do pH, ao longo do período experimental	167
Figura 6.50 - Talhão III. Especiação do DOC na camada superficial da 1ª amostragem	170
Figura 6.51 - Talhão III. Especiação do Cu e Ca na 1ª amostragem, camada superficial	171
Figura 6.52 - Talhão III. Especiação organo-metálica do Al e Fe na 1ª amostragem, camada superficial	172
Figura 6.53 - Talhão III. Especiação do DOC na 10ª amostragem, camada superficial	173
Figura 6.54 - Talhão III. Especiação do Cu e Ca na 10ª amostragem, camada superficial	173
Figura 6.55 - Talhão III. Especiação organo-metálica do Fe e Al na 10ª amostragem, camada superficial	175
Figura 6.56 - Talhão III. Especiação do DOC na 12ª amostragem, camada superficial	176
Figura 6.57 - Talhão III. Especiação do Cu e Ca na 12ª amostragem, camada superficial	176
Figura 6.58 - Talhão III. Especiação do DOC na 16ª amostragem, camada superficial	178
Figura 6.59 - Talhão III. Especiação do Cu e Ca na 16ª amostragem, camada superficial	178
Figura 6.60 - Talhão III. Especiação do DOC na amostragem 16, camada 50 a 60 cm	180

Figura 6.61 - Talhão III. Especificação do Cu e Ca na amostragem 16, camada 50 a 60 cm	180
Figura 6.62 - Talhão III. Especificação organo-metálica do Fe e Al na amostragem 16, camada 50 a 60 cm	181
Figura 6.63 - Variação da actividade do Cu em função do pH, ao longo do período experimental	182
Figura 6.64 - Concentração de Cu observada na solução do solo vs concentração calculada	186
Figura 6.65 - Concentração de DOC observada na solução do solo vs concentração calculada	186
Figura 6.66 - pH observado na solução do solo vs pH calculado	187
Figura 6.67 - Concentração de Cu observada na solução do solo vs concentração calculada, ao longo do período experimental, na camada superficial	188
Figura 6.68 - Concentração de DOC observada na solução do solo vs concentração calculada, ao longo do período experimental, na camada superficial	189
Figura 6.69 - pH observado na solução do solo vs pH calculado ao longo do período experimental, na camada superficial	189
Figura 6.70 - Simulação do transporte acumulado de Cu, ao longo do período experimental, na camada superficial	191
Figura 6.71 - Contribuição das três camadas do perfil considerado para o transporte de Cu	191
Figura 6.72 - Simulação do transporte acumulado de Cu ao longo de 50 anos	192
Figura 6.73 - Contribuição das três camadas do perfil considerado, para o transporte de Cu	194
Figura 6.74 - Variação da concentração de Cu em solução ao longo do perfil, durante o período de 50 anos considerado	195
Figura 6.75 - Variação da concentração de DOC em solução ao longo do perfil, durante o período de 50 anos considerado	196
Figura 6.76 - Variação do pH da solução do solo ao longo do perfil, durante o período de 50 anos considerado	197

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 -	Inventário global das emissões de MP no solo e a nível global	12
Quadro 3.2 -	Caracterização dos ácidos húmicos e dos ácidos fúlvicos, relativamente aos principais grupos funcionais	28
Quadro 3.3 -	Reacções do Cu com ligandos comuns encontrados na solução do solo	36
Quadro 4.1 -	Plano Experimental	56
Quadro 5.1 -	Caracterização Física, Química e Mineralógica do Solo	63
Quadro 5.2 -	Programa analítico e procedimento de conservação das amostras	75
Quadro 5.3 -	Tempos de monitorização da quantidade de Cu em solução	76
Quadro 5.4 -	Delineamento experimental dos ensaios de adsorção do cobre	77
Quadro 5.5 -	Limites de detecção, referentes às determinações de metais	90
Quadro 6.1 -	Resultados da análise de variância. Teste de Scheffe	104
Quadro 6.2 -	Isotérmicas de Freundlich em função do Cu total adsorvido Modelo não linear	110
Quadro 6.3 -	Isotérmicas de Freundlich em função da actividade do Cu^{2+} . Modelo não linear	112
Quadro 6.4 -	Isotérmicas de Freundlich em função do Cu total adsorvido Modelo linear	113
Quadro 6.5 -	Isotérmicas de Freundlich em função da actividade do Cu^{2+} . Modelo linear	114
Quadro 6.6 -	Parâmetros da regressão linear múltipla TSF	116
Quadro 6.7 -	Correlações mais significativas obtidas para o Cu adsorvido+complexado	122
Quadro 6.8 -	Correlações mais significativas obtidas para o Cu solúvel	123
Quadro 6.9 -	Correlações mais significativas obtidas para a % de MO	124
Quadro 6.10 -	Correlações mais significativas obtidas para o DOC	124
Quadro 6.11 -	Coeficientes de correlação entre as espécies de Cu e o pH	168
Quadro 6.12 -	Ajustamento entre valores observados e valores calculados	190
Quadro 6.13 -	Lixiviação média anual de Cu, por cada 10 anos de simulação	193

Capítulo 1

INTRODUÇÃO GERAL

Os metais são alguns dos elementos mais abundantes da crosta terrestre, cuja mobilidade está intimamente associada ao ciclo hidrológico. A água constitui não só um meio de alteração, promovendo a libertação de metais no Ambiente, como também o principal transporte (juntamente com a atmosfera) entre os vários compartimentos da biosfera, condicionando a sua distribuição nos sistemas terrestre, aquático e atmosférico.

A Figura 1 mostra esquematicamente a transferência de metais pesados ao longo do ciclo hidrológico. O anel interior representa a atmosfera e a sua influência em todas as componentes daquele ciclo. O tempo de residência dos metais é curto e os fluxos são rápidos. O anel intermédio está relacionado com o movimento das espécies metálicas dissolvidas e com as interacções com a matéria particulada (anel exterior). Aqui os fluxos são mais lentos e o tempo de residência superior, variando de semanas (rios e estuários) a anos (lagos e águas costeiras) ou mesmo períodos mais longos (oceanos). Finalmente, o anel exterior traduz o transporte particulado, representado pelos solos e sedimentos, ambos com elevada capacidade de armazenamento (superior a 99%), onde o tempo de residência dos metais excede largamente o da água e do ar, e os fluxos são muito lentos (SALOMONS, 1995; SALOMONS e FÖRSTNER, 1984).

O solo, como compartimento da biosfera, desempenha um papel fundamental no ciclo hidrológico. Para além da sua capacidade de sustentar a produção de alimentos e de matérias primas, o solo, como reactor, filtro e tampão, constitui uma fonte geoquímica de elementos (poluentes ou não), controlando ainda o transporte de substâncias para outros compartimentos como a atmosfera, a hidrosfera e o biota.

A qualidade destas funções ecológicas e de produção, isto é, a manutenção da multifuncionalidade do solo, depende em larga medida do balanço de metais pesados, uma vez que, neste sistema, a sua persistência é superior à de qualquer outro compartimento da biosfera, sendo mesmo em alguns casos (Pb e Cr), virtualmente permanente (KABATA-PENDIAS, 1995).

No solo, os metais pesados¹ podem ter uma origem litogénica e também antropogénica, quando directa ou indirectamente depositados ou incorporados como resultado das actividades humanas.

¹ Consideram-se metais pesados, os elementos cuja densidade é superior a 5.0 g cm⁻³ (SPARKS, 1995).

A poluição, com metais ter-se-á iniciado com a extracção de minério na Idade do Bronze, sendo a ocorrência de megaciclos económicos, tais como a revolução industrial, exploração de minas, etc., claramente demonstrada por modificações nas emissões atmosféricas (SALOMONS, 1995).

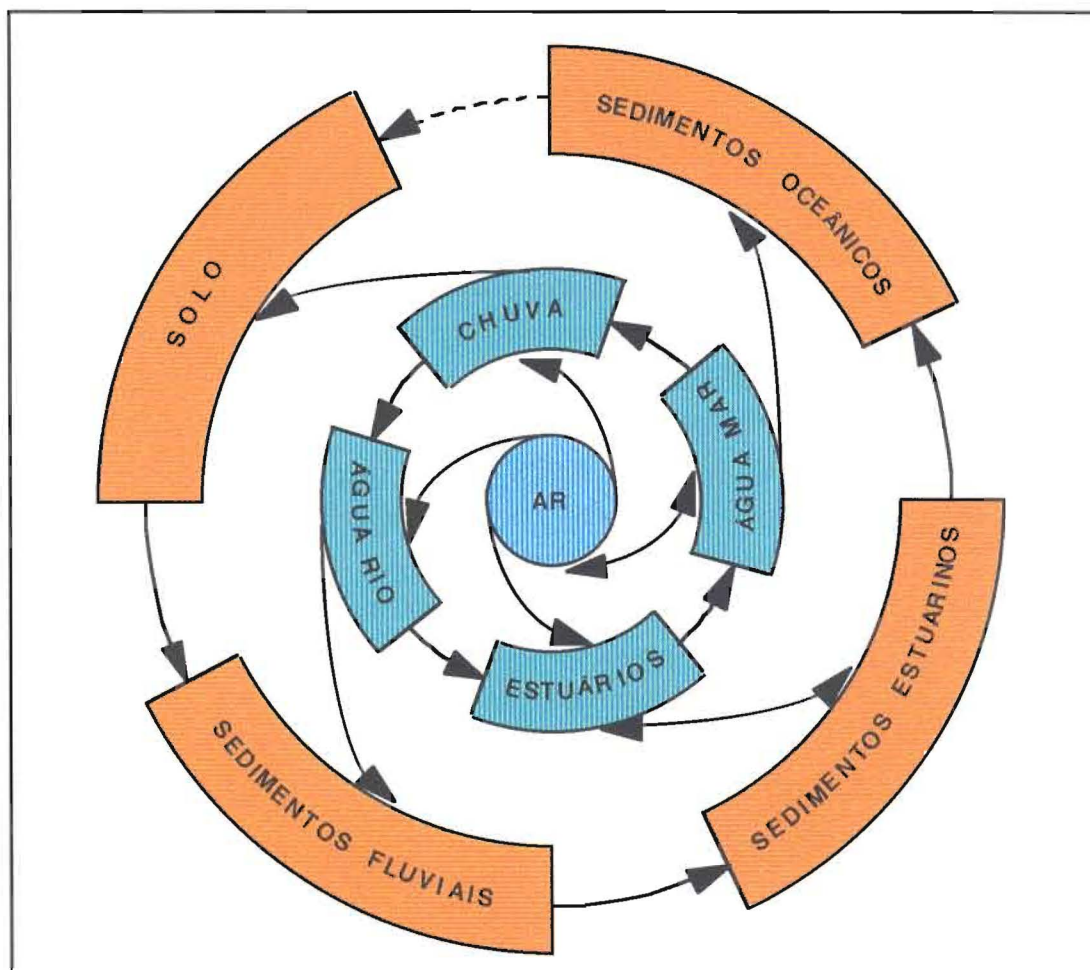


Figura 1.1 - Transporte de metais pesados no ciclo hidrológico (SALOMONS e FÖRSTNER, 1984).

As actividades antropogénicas têm modificado significativamente o ciclo geoquímico natural dos metais pesados, não só através de um efeito directo na concentração destes elementos no solo, como também indirectamente, uma vez que, modificando as propriedades químicas e físicas do solo, alteram também o comportamento daqueles elementos no sistema.

De facto, a nível mundial, e nomeadamente na Europa, os solos têm sido, e continuarão a ser, um importante receptor de: **i)** químicos agrícolas (fertilizantes minerais e orgânicos e pesticidas); **ii)** poluentes atmosféricos resultantes das actividades “urbana” e “industrial”, e **iii)** resíduos agrícolas, industriais e urbanos.

NRIAGU e PACYNA, 1988, referem que, a nível global, a mobilização antrópica anual de metais para a biosfera é, em milhões de toneladas, cerca de 120 para o As, 30 para o Cd, 2150 para o Cu, 11 para o Hg, 110 para o Mo, 470 para o Ni, 1160 para o Pb, 72 para o Sd, 79 para o Se, 71 para o V e 2340 para o Zn.

Sendo os solos potenciais acumuladores de metais pesados, em interação permanente com a composição química da fase aquosa, o conhecimento da intensidade e variabilidade espacial e temporal dos fluxos gerados torna-se de primordial importância para uma gestão a longo-prazo dos vários sistemas ambientais. Parâmetros como a vulnerabilidade do solo e a natureza e quantidade de resíduos e produtos químicos incorporados (STIGLIANI, 1993), determinam em larga medida o impacto das políticas e práticas de uso da terra, na manutenção dessa capacidade de acumulação do solo.

As consequências de processos, como acidificação, alcalização e salinização do solo, e a perda de matéria orgânica, na transferência de metais pesados para outros componentes dos sistemas ambientais (nomeadamente para a cadeia alimentar e para os recursos hídricos), constituem já um preocupante problema ambiental e de saúde pública, uma vez que o comportamento dos factores que controlam a sua biodisponibilidade e mobilidade está ainda pouco esclarecido e controlado, nomeadamente em condições naturais (SALOMONS, 1993; ALLOWAY e JACKSON, 1991; ALLOWAY, 1990; BRÜMMER, et al., 1986).

Grande parte dos casos de contaminação com elementos perigosos pode ser atribuída a fontes de poluição difusa, reconhecendo-se que as actividades antrópicas têm mobilizado para o Ambiente, em taxas significativamente superiores às decorrentes de processos geológicos naturais, treze poluentes metálicos (antimónio, arsénio, berílio, cádmio, crómio, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, selénio, prata, tálio e zinco) (NOVOTNY, 1995). Estes elementos são actualmente reconhecidos como potencialmente perigosos para a saúde pública e ambiente, tendo sido incluídos na *Priority Pollutants List*, (*Black List*), por instituições de protecção ambiental de todo o mundo (NOVOTNY, 1995). No que se refere a fontes pontuais de poluição, entre os metais mais frequentemente descarregados encontram-se o cobre, o zinco, o crómio, o chumbo e o níquel (NOVOTNY, 1995).

Concretamente, em sistemas de agricultura, a incorporação de metais pesados excede muitas vezes a quantidade removida pelos produtos agrícolas. No solo, esse excesso pode ser acumulado e parcialmente transportado para as águas subterrâneas, não se verificando processos de atenuação por biodegradação (BOURG, 1995, SALOMONS, 1993; SPOSITO e PAGE, 1984).

No entanto, a acumulação de metais resultante da intensificação e modificação dos sistemas agrícolas só tem significado a partir dos últimos 50 anos (SALOMONS, 1995).

A acumulação no solo está intimamente relacionada com as propriedades dos compostos aplicados e com a própria natureza do solo. SALOMONS, 1993, refere que, considerando processos de lixiviação natural, compostos como PCB's, DDT e alguns metais pesados (como o Cu e o Zn), necessitam de milhares a dezenas de milhares de anos para serem removidos de uma coluna de um metro de solo arenoso (baixa capacidade de retenção). Este longo tempo de retenção coloca actualmente fortes barreiras às práticas que implicam a adição destes elementos ao solo, de modo a evitar o contínuo aumento da sua concentração na camada superficial.

Por sua vez, apesar dos resíduos animais líquidos constituírem uma fonte rica de nutrientes para as plantas e melhorarem as propriedades físicas do solo, a sua excessiva aplicação tem vindo, gradualmente, a criar problemas ambientais (JAPENGA et al., 1992; BRIL e SALOMONS 1990; JAPENGA e HARMSSEN, 1990).

Uma vez que i) os resíduos animais contém elevadas concentrações de cationes básicos (nomeadamente K, Na e Ca) (JAPENGA e HARMSSEN, 1990), relativamente às concentrações tipicamente encontradas no sistema solo-solução do solo (MATTIGOD et al., 1981), e ii) o aumento da taxa de nitrificação que se segue à incorporação destes produtos pode diminuir o pH daquele sistema (JAPENGA et al., 1992), a sua aplicação ao solo altera significativamente as condições de equilíbrio macroquímico existentes (HESTERBERG et al., 1993).

De facto, e no que se refere aos metais pesados, da sua aplicação pode resultar: i) a acumulação/contaminação do solo com metais através dos resíduos animais aplicados (nomeadamente cobre²), uma vez que as taxas de aplicação normalmente utilizadas são superiores às taxas de remoção por absorção pelas plantas ou por processos de lixiviação, ou ii) a mobilidade de iões metálicos, afectada pela introdução de matéria orgânica e pela modificação das condições do equilíbrio químico que condiciona o seu comportamento no sistema.

Assim, ao estudar o efeito da aplicação de resíduos orgânicos ao solo há que distinguir dois aspectos:

1. A introdução de nutrientes e outros elementos no sistema.
2. As modificações ambientais (pH, potencial redox, equilíbrio iónico, etc.) que afectam a mobilidade dos elementos presentes no sistema solo/efluente.

A combinação destes dois factores tem, provavelmente, repercussões importantes na biodisponibilidade dos metais pesados e na sua mobilidade ao longo do perfil, principalmente se aplicados em solos com fraco poder tampão. Neste caso, os efluentes

² A aplicação ao solo de efluentes de suinicultura constitui, na Holanda, a mais importante fonte de contaminação difusa com cobre. Este metal é adicionado às rações como aditivo, para uma maior conversão em gordura. No entanto, 95% do cobre adicionado é novamente excretado verificando-se que o teor dos efluentes em cobre varia de 381 a 499 mg kg⁻¹ de matéria seca (TEMMINGHOFF, 1998).

podem contribuir para induzir modificações no pH da solução do solo, sendo este um parâmetro chave no controlo dos processos de precipitação/solubilização e de adsorção/dessorção, influenciando, indirectamente, a concentração na solução do solo de elementos com propriedades complexantes (BOURG e LOCH, 1995; JAPENGA e HARMSSEN, 1990).

A matéria orgânica dissolvida é, provavelmente, um dos constituintes mais importantes para a modificação das condições ambientais do sistema solo, podendo actuar como transportador de certos metais através de processos de complexação (RÖMKENS, 1998, JAPENGA et al., 1992; SENESI, 1992). Por outro lado, a incorporação de matéria orgânica pode aumentar a capacidade de adsorção do sistema solo/efluente, diminuindo a disponibilidade e mobilidade de algumas espécies metálicas (VAN RIEMSDIJK et al., 1989; MAES e CREMERS, 1982).

Embora existam alguns estudos relativos ao efeito da aplicação de lamas e efluentes no “transporte facilitado” de contaminantes orgânicos e inorgânicos (SEPÚLVEDA et al, 1998a e b; MCCARTHY e ZACHARA, 1989; DUDLEY et al., 1986; NEAL e SPOSITO, 1986; SCHIRADO et al., 1986; ELLIS, 1985), a informação disponível sobre o efeito da aplicação de resíduos animais é ainda escassa. No entanto, estes são quimicamente menos estáveis e mais reactivos do que os anteriormente referidos, sendo de esperar um comportamento diferente no que se refere ao seu efeito nos processos de mobilização/imobilização (JAPENGA et al., 1992).

Actualmente, o desenvolvimento de sistemas intensivos de produção animal e as dificuldades de contenção dos resíduos produzidos, tem levado à prática do seu espalhamento indiscriminado no terreno, sem ter em conta as correspondentes exigências de fertilização (PURVES, 1985).

Esta necessidade real de aplicar ao solo taxas excessivas de resíduos animais tem provocado, seguramente, uma acumulação de metais pesados (cobre e zinco, entre outros) no sistema. BOWEN, 1982, por exemplo, refere que a aplicação ao solo de efluentes de suiniculturas, recebendo suplementos de cobre, leva à uma acumulação deste elemento no solo, verificando-se que a adição de $250 \text{ mg Cu.kg}^{-1}$, como sulfato de cobre, nas rações para porcos, poderia ser responsável pela incorporação anual de 1.5 a $3.0 \text{ mg Cu.kg}^{-1}$ no solo superficial. Esta acumulação continuará até uma nova situação de equilíbrio que pode, no entanto, corresponder a concentrações de metais potencialmente perigosas do ponto de vista ambiental (VAN DER ZEE, 1988). Além disso, é mal conhecido o comportamento a longo-prazo dos metais no solo, nomeadamente sob efeito de variação das condições ambientais no sistema.

De um modo geral, os solos possuem uma elevada capacidade de retenção de metais pesados, determinada essencialmente por processos de adsorção/precipitação. No

entanto, modificações do clima, das condições hidrogeológicas ou dos sistemas de uso do solo podem transformar estes acumuladores em potenciais mobilizadores (CTB - Chemical Time Bombs) (SCHULIN et al., 1995). Uma vez que os metais exibem um comportamento não linear relativamente àquelas modificações, a sua ocorrência pode induzir libertações súbitas, sendo importante antecipar variações a longo-prazo na capacidade da sua acumulação pelo solo, não devendo o seu estudo restringir-se apenas aos efeitos a curto-prazo (FÖRSTNER, 1990; SALOMONS, 1995; SALOMONS, 1993).

Assim, para minimizar o risco de contaminação de solos e águas subterrâneas, há que fazer uma caracterização e avaliação do estado actual dos solos afectados, através de uma adequada previsão das transformações e da mobilidade das substâncias contaminantes. A avaliação da poluição do solo e a adopção de padrões aceitáveis no que se refere a teores de metais pesados, são fundamentais para a protecção das funções ecológicas do solo e para uma agricultura sustentável (KABATA-PENDIAS, 1995).

O conhecimento da natureza, extensão e efeitos da poluição, requer, entre outros, instrumentos para quantificar o transporte de poluentes nos sistemas em estudo, nos quais se incluem modelos químicos, modelos de transporte e hidrológicos, cujo desenvolvimento atingiu já um nível que permite a sua utilização na avaliação de uma vasta gama de situações de contaminação do solo.

Vários modelos matemáticos foram desenvolvidos para calcular o transporte de poluentes no solo. Aplicações destes modelos (GEOCHEM, CHARON, SEKTRAS, STRASS, etc.) centram-se na química dos metais pesados e micropoluentes orgânicos, considerando escalas de tempo a longo-prazo, numa abordagem de equilíbrio e cinética químicas (SMITS e ROOIJ, 1995).

Modelos deste tipo possibilitam a simulação e previsão do comportamento e transporte de poluentes em ecossistemas terrestres (ou aquáticos), quer numa perspectiva de curto-prazo, quer numa perspectiva de longo-prazo, permitindo uma avaliação dos riscos ambientais, bem como contribuindo para a definição de prioridades relativamente à descontaminação de solos ou à adequação dos locais a utilizar como destino final de resíduos.

Em Portugal, a preocupação ambiental relativa à contaminação do solo com metais pesados é relativamente recente, centrando-se essencialmente nos problemas associados à aplicação de lamas e composto de resíduos urbanos, bem como na acumulação de cobre em áreas sujeitas a reconversão ou abandono de vinha, e na existência de inúmeros aterros não controlados (lixeiros).

Assim, para além de alguns estudos sobre o tema (DIAS, 1996, 1991; RIBEIRO, 1992; DOMINGUES et al., 1991, 1990, 1982; MAGALHÃES, 1985), são escassos os trabalhos e ensaios realizados, nomeadamente em condições de campo, relativamente à avaliação dos riscos de mobilização de metais pesados, quer em termos da sua biodisponibilidade, quer do seu transporte em profundidade e transferência para os recursos hídricos.

No que se refere à aplicação de efluentes de pecuária, os estudos têm incidido particularmente no seu valor fertilizante e na sua influência no comportamento físico do solo, constituindo a lixiviação de nitratos a principal preocupação ambiental.

No entanto, considerando que:

- i) a aplicação ao solo de efluentes de suinicultura pode alterar significativamente a macroquímica do equilíbrio solo-solução, introduzindo no sistema concentrações de cobre normalmente superiores à potencial absorção pelas culturas agrícolas;
- ii) uma parte importante das suiniculturas do país estão localizadas em áreas densamente povoadas, onde a competição, relativa aos sistemas de uso da terra, coloca pressões acrescidas sobre este recurso, em desfavor de um desenvolvimento sustentável;
- iii) parte das suiniculturas do país situa-se em manchas de solos arenosos, aos quais se associa, para além de uma permeabilidade rápida, um fraco poder de retenção e um fraco poder tampão, características que tomam estes solos sistemas frágeis e altamente sensíveis a qualquer *stress* exercido sobre as suas condições de equilíbrio;
- iv) em Portugal Continental, o número de suínos é superior a 2 723 624, produzindo, anualmente, cerca de 6 571 000 T de dejectos, dos quais, em média, 77.4% são descarregados no solo (LNEC, 1995);
- v) em Portugal Continental, as águas subterrâneas constituem 80% das reservas de água de abastecimento (MARN, 1991),

torna-se importante conhecer o impacte ambiental resultante da aplicação continuada de efluentes de suinicultura, não só em relação ao sistema de uso do solo, como também no que se refere aos riscos de transferência de elementos potencialmente perigosos para a cadeia alimentar e recursos hídricos, dada a importância das suas potenciais implicações para a saúde pública.

Considerando a maior instabilidade e reactividade dos materiais aplicados, o estudo dos efeitos da sua aplicação no comportamento do cobre no solo contribuirá certamente para aprofundar e alargar o conhecimento da sua complexa dinâmica, permitindo assim uma maior capacidade de resposta e uma análise global dos efeitos ambientais resultantes da sua acumulação no solo, nomeadamente no que se refere ao seu comportamento a longo-prazo.

Capítulo 2

OBJECTIVOS

O presente trabalho, centrando-se no estudo do comportamento do cobre no solo, em consequência da aplicação de materiais quimicamente instáveis e reactivos, como os efluentes de suinicultura, procura contribuir para o esclarecimento da sua acumulação e mobilidade a longo-prazo.

Assim, através da avaliação e quantificação dos efeitos da aplicação intensiva de efluentes de suinicultura, fixam-se os seguintes objectivos específicos:

1. Estudar a acumulação /distribuição do cobre em profundidade, em solos arenosos;
2. Avaliar as modificações introduzidas por estes materiais nas condições de equilíbrio químico e sua inter-relação com a mobilização ou imobilização do cobre do sistema solo/solução do solo;
3. Avaliar a influência dos constituintes minerais e orgânicos do solo na retenção do cobre e na sua remobilização (através de processos de adsorção e,ou de complexação);
4. Verificar a eventual existência de um “transporte facilitado” do cobre, nomeadamente, por reacções de complexação com o carbono orgânico dissolvido (DOC);
5. Estimar os impactes ambientais associados à transferência de cobre para as águas subterrâneas, através da simulação do comportamento do sistema em estudo numa perspectiva de longo-prazo, recorrendo à adaptação dos modelos matemáticos SEKTRAS e CHARON.

Capítulo 3

BIOGEODINÂMICA DOS METAIS PESADOS NO SISTEMA SOLO

3.1. ASPECTOS GERAIS

Actualmente, a maioria metais pesados (MP) têm importância quer a nível económico e social, quer a nível ambiental, que lhes é atribuída pelo facto de: i) serem utilizados na indústria; ii) serem, alguns deles, fisiologicamente essenciais às plantas e animais, tendo, portanto, uma ligação directa com a produtividade agrícola e com a saúde humana, e iii) serem potenciais poluentes de ecossistemas (ALLOWAY, 1990b).

A incorporação e/ou deposição de MP nos ecossistemas ambientais resultam de processos naturais e de actividades antropogénicas. Os processos pedogenéticos, bem como as erupções vulcânicas, fogos florestais e tempestades de poeiras, incorporam e promovem a translocação de MP no ambiente. Muitas vezes a concentração de MP no sistema solo está relacionada apenas com a origem e natureza do material originário. No entanto, actividades antropogénicas, tais como as associadas a: **1)** processos industriais, que contribuem para deposições atmosféricas e terrestres; **2)** explorações mineiras e metalúrgicas; **3)** aplicações de resíduos e efluentes urbanos e industriais; **4)** aplicações de fertilizantes e de resíduos de explorações animais, contribuem para um aumento, irreversível à escala humana, da concentração de MP no solo.

Esta incorporação superficial de MP, como resultado da actividade humana, constitui um grave problema ambiental, uma vez que os metais incorporados por estas vias são mais instáveis e, portanto, mais solúveis e biodisponíveis do que as formas naturais, sendo grandes as implicações no que se refere a potenciais riscos de transferência, quer para a cadeia alimentar, quer para o meio aquático (superficial e subterrâneo) (NAIDU et al., 1997).

A nível mundial, as descargas no solo e as emissões e consumos globais de cinco MP (Cd, Cu, Ni, Pb e Zn) estão referidas no Quadro 3.1. As duas principais fontes de MP no solo são os resíduos provenientes da combustão de carvão e a deposição de resíduos de produtos comerciais, representando os resíduos urbanos, uma fonte importante de Cu, Pb, Zn e Cd (NRIAGU e PACYNA, 1988). O grande volume de resíduos associados à produção animal, exploração de madeiras, bem como produção agrícola e alimentar, também afectam significativamente o balanço de MP no solo. A uma escala local, as lamas de ETARs, representam uma das mais importantes fontes de contaminação dos solos com MP.

Concretamente no que se refere ao cobre, a mobilização anual deste metal para a biosfera, através de actividades antrópicas, é de aproximadamente 2.2×10^9 kg, sendo 90% descarregados no solo. Se todas as descargas de MP fossem uniformemente dispersas sobre a área cultivada global (16×10^{12} m²), as taxas anuais de aplicação de metais ao solo seria de 1 g ha⁻¹ para o Cd, 50 g ha⁻¹ para o Cu e Pb e superior a 65 g ha⁻¹ para o Zn. Considerando que cada solo tem uma capacidade limitada de acumulação de MP, existe actualmente uma preocupação crescente de que muitos solos no Japão e Europa Central, tenham já atingido ou estejam próximos de exceder, o seu limite máximo, cujas consequências não são ainda previsíveis (NRIAGU e PACYNA, 1988).

As potenciais consequências da acumulação de MP no solo podem ser amplamente inseridas no conceito de CTB (*chemical time bomb*). No que se refere à poluição química de solos e sedimentos, o termo CTB foi definido por STIGLIANI, et al., 1991, como “a concept that refers to a chain of events, resulting in the delayed and sudden occurrence of harmful effects due to the mobilization of chemicals stored in soils and sediments in response to slow alterations in the environment” (SCHULIN et al., 1995, 1992).

Quadro 3.1 - Inventário global das emissões de MP no solo e a nível global
(NRIAGU e PACYNA, 1988; NRIAGU, 1979)

Descrição	Quantidades de MP ($\times 10^6$ kg ano ⁻¹)				
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Incorporações totais no solo †	22.0	954.0	325.0	796.0	1372.0
Total de MP descarregados no solo ‡	27.5	2071.0	416.5	1350.5	2243.5
<u>Consumo e emissão antropogénica global (até 1980)</u>	Quantidades de MP ($\times 10^6$ kg)				
• Emissões globais	316.0	2175.0	1003.0	19578.0	13995.0
• Consumo global	0.5	307.0	17.0	241.0	250.0

† Inclui: resíduos de produção agrícola e de produção alimentar; resíduos animais, estrumes; resíduos de madeiras; resíduos urbanos; lamas de ETARs; resíduos orgânicos vários; fertilizantes; resíduos de produtos comerciais, resíduos de centrais térmicas; deposição atmosférica.

‡ Inclui as emissões indicadas em † e os resíduos de explorações mineiras, de siderurgias e de metalúrgicas.

O impacto ambiental associado a adições sucessivas de MP no solo superficial está intimamente ligado ao comportamento específico dos metais neste sistema, e que resulta de um equilíbrio dinâmico entre processos de retenção e processos de mobilização. Este equilíbrio determina, à partida, a sensibilidade do sistema solo às actividades antropogénicas anteriormente mencionadas. Porque muitos dos elementos persistem no solo durante centenas ou mesmo milhares de anos, o conhecimento destas sensibilidades

pode ser de primordial importância no que se refere à regulamentação dos sistemas e práticas de uso do solo.

Os MP podem ser retidos no solo através de processos de adsorção e de precipitação. Os metais dissolvidos constituem a fração mais móvel e biodisponível, sendo a sua concentração determinada por interações geoquímicas de ordem vária (interações sólido-líquido, trocas água-ar, transporte advectivo e dispersivo, etc.), ao longo de todo o processo de transporte (BOURG e LOCH, 1995). São as propriedades do solo e a composição da solução do solo que determinam o equilíbrio dinâmico entre os MP em solução e na fase sólida (Figura 3.1). Entre estas duas fases ocorrem interações que incluem: adsorção de íons metálicos e troca iônica; adsorção de complexos metal-ligando; ligações através de películas orgânicas ou através de matéria orgânica coloidal. Todas estas interações são controladas pelo pH e força iônica (I) da solução do solo, bem como pela natureza das espécies metálicas, catião dominante e ligandos inorgânicos e orgânicos presentes em solução. Assim, a retenção de MP pelo solo depende da natureza química das espécies metálicas presentes na solução do solo, bem como da natureza dos constituintes minerais do solo, cujas interações determinam a biodisponibilidade e, ou transporte dos MP no solo (NAIDU, et al., 1997).

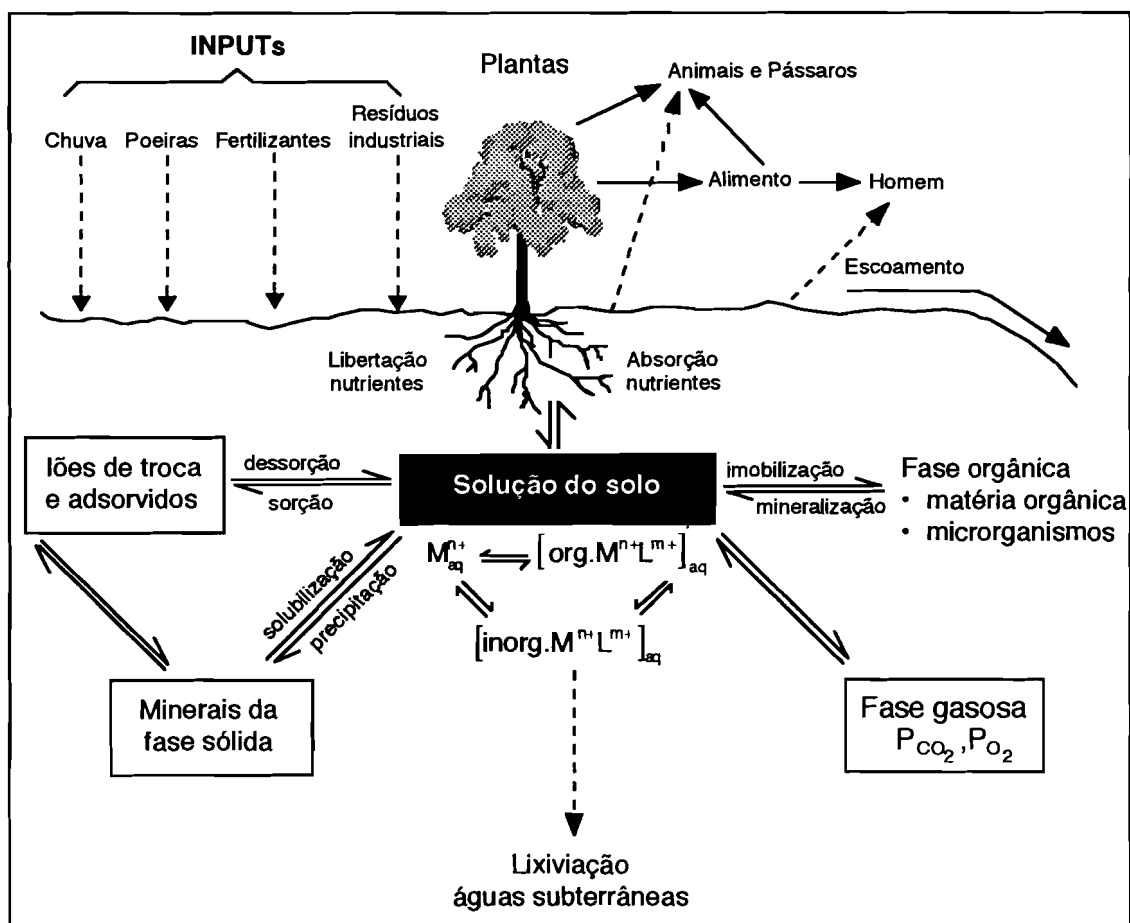


Figura 3.1 - Dinâmica biogeoquímica dos MP no sistema solo (NAIDU et al., 1997)

Por sua vez, sendo o solo um sistema dinâmico, está sujeito a variações a curto-prazo, tais como variações do teor de humidade, de pH e de condições redox, estando ainda submetido a alterações a longo-prazo, em resposta a modificações de sistemas de uso e de factores ambientais. Estas modificações das propriedades do solo podem afectar, significativamente, tanto a forma como a disponibilidade de metais (ALLOWAY, 1990a).

Com este capítulo pretende-se abordar os vários processos geoquímicos envolvidos no controlo dos MP no sistema solo. A mobilidade de poluentes metálicos depende, principalmente, de uma rede mais ou menos complexa de interacções entre processos de transporte e fenómenos heterogéneos como os indicados na Figura 3.2.

A adsorção e a precipitação tendem a retardar a disponibilidade e transporte de metais. No entanto, a solubilidade, e, portanto, o transporte convectivo de metais, pode aumentar quando ocorrem na fase aquosa reacções de hidrólise e de complexação com espécies inorgânicas ou orgânicas. Assim, a compreensão da mobilidade dos MP necessita do conhecimento detalhado dos processos de retenção (adsorção e precipitação), da especiação na solução do solo e da respectiva cinética em relação ao fluxo de transporte.

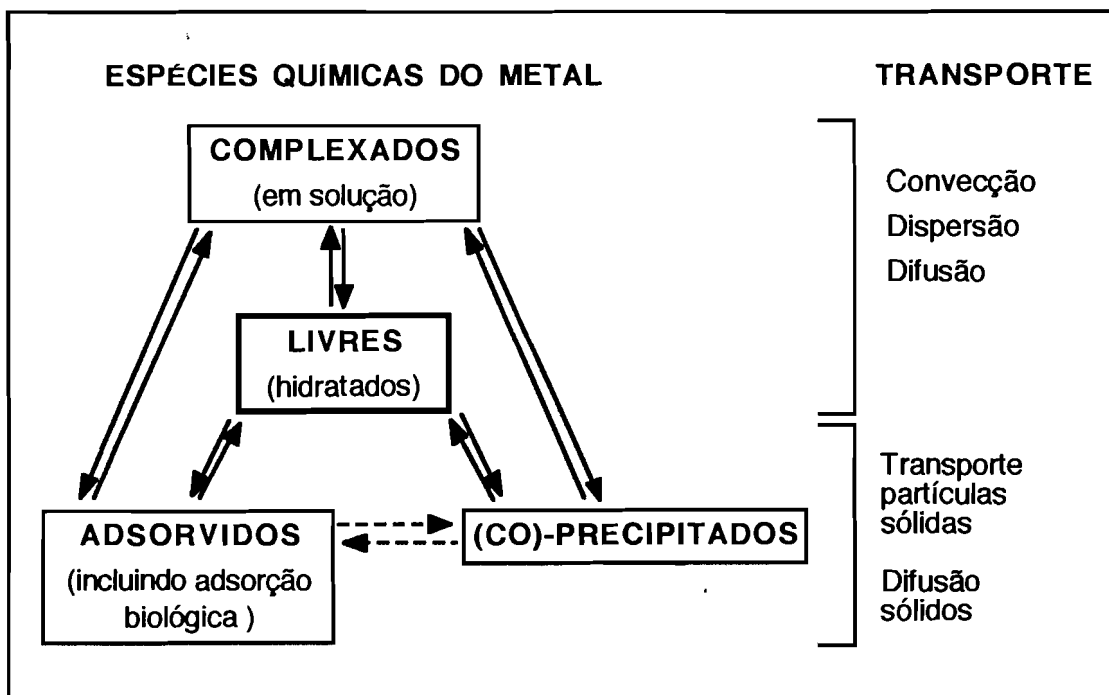


Figura 3.2 - Especiação geoquímica e mobilidade dos MP (adaptado de BOURG, 1988)

3.2. RETENÇÃO DE METAIS PESADOS NO SOLO

Actualmente, uma estimativa dos valores de base de MP em solos da Europa, é praticamente impossível, uma vez que já não existem ecossistemas verdadeiramente prístinos. Pode, no entanto, referir-se que dados obtidos em áreas não expostas

directamente à poluição indicam que os níveis de metais pesados nestes solos não têm sofrido alterações significativas. Contudo, valores médios, calculados a nível mundial e a nível dos países da Europa Ocidental, revelam um certo aumento dos valores de base (KABATA-PENDIAS, 1995).

Na crosta terrestre, o Cu forma vários minérios e minerais, tais como calcopirites, olivinas, piroxenas, anfíbolos, biotites, plagioclases e magnetites, sendo mais comuns os sulfuretos (simples e complexos). Estes minerais são facilmente solubilizados durante o processo de alteração, libertando iões Cu, principalmente em meios ácidos. O Cu é um metal bastante reactivo, interagindo quimicamente com os constituintes minerais e orgânicos do solo, verificando-se que os iões Cu podem ser adsorvidos pelos minerais de argila, óxidos de Fe e Mn, e matéria orgânica, podendo ainda precipitar rapidamente com aniões como os sulfuretos, carbonatos e hidróxidos, tornando-se um elemento bastante imóvel no solo (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1992; BAKER, 1990; BOWEN et al., 1982).

Os valores de base médios de Cu no solo superficial variam de 13 a 24 ppm, encontrando-se os valores mais altos em solos como os Kastanozems e Chernozems, e os valores mais baixos em Podzois e Histossolos (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1992). Em solos agrícolas, o teor em Cu total varia entre 1 e 50 ppm, embora valores da ordem de 250 ppm tenham já sido registados (YARON et al., 1996). Enquanto que, a nível mundial, literatura mais antiga referia 20 ppm de Cu como valor de base, esse valor é, actualmente, de 30 ppm (BAKER, 1990).

A característica comum da distribuição do Cu no perfil do solo é a sua acumulação na camada superficial, facto que reflecte não só a bioacumulação do metal, como também uma origem essencialmente antropogénica, resultante de incorporações e deposições contínuas de materiais ricos neste elemento.

Tal como anteriormente referido, a retenção de MP no solo pode ser devida a adsorção e/ou precipitação. Se por um lado, os minerais de argila, matéria orgânica, óxidos e hidróxidos de Fe, Mn e Al controlam processos de adsorção, desempenhando a complexação orgânica um papel de relevo, por outro, a baixa solubilidade de sulfuretos, carbonatos e fosfatos controlam mecanismos de precipitação (BOURG e LOCH, 1995). Qualquer que seja o mecanismo envolvido, a retenção pelo solo determina, em larga medida, a mobilidade e biodisponibilidade dos MP (MSAKY e CALVET, 1990).

3.2.1. Processos de Adsorção

A reactividade de superfície da fase sólida do solo deriva do comportamento químico dos grupos funcionais de superfície, tanto de sólidos orgânicos como inorgânicos, razão pela qual algumas partículas, como minerais de argila e substâncias húmicas, têm uma elevada capacidade de adsorção. Para além disso, minerais de argila e outros constituintes como grãos de quartzo e feldspato estão muitas vezes revestidos por películas orgânicas ou de

hidróxidos de Fe e Mn que, adicionalmente, regulam a concentração de metais na solução do solo.

Processos desta natureza controlam a concentração de íões e de complexos metálicos na solução do solo exercendo uma influência vital na sua biodisponibilidade e mobilidade.

São vários os mecanismos que podem estar envolvidos na adsorção de íões metálicos, incluindo a troca catiónica (ou adsorção não específica), adsorção específica, complexação orgânica e co-precipitação, podendo ocorrer ligações que vão desde as puramente electrostáticas, às interações ião-dipolo (SCHULIN et al., 1995; SCHINDLER, 1991).

Considerando as limitações das abordagens tradicionais à adsorção de íões metálicos, SPOSITO e PAGE, 1984, sugerem uma análise alternativa, em que as reacções de adsorção são consideradas como reacções de complexação com grupos funcionais nas superfícies sólidas, originando espécies metálicas de superfície análogas às principais espécies existentes na solução do solo.

Quando um grupo funcional de superfície reage com uma molécula dissolvida na solução envolvente, de modo a formar uma unidade estável, forma-se um complexo de superfície e a reacção de formação é designada por **complexação de superfície** (SPOSITO, 1994 e 1984; SPOSITO e PAGE, 1984).

Os grupos funcionais de superfície reagem com íões para formar complexos de superfície que podem ser de dois tipos: i) complexos de esfera interna, em que nenhuma molécula da solução envolvente (água) se interpõe entre o grupo funcional de superfície e o ião ou molécula complexada; ii) complexos de esfera externa, em que pelo menos uma molécula de solvente se interpõe entre o grupo funcional e a molécula ou ião. Como regra, os complexos de esfera externa envolvem mecanismos de ligação electrostática e são equivalentes às reacções de troca catiónica. São, portanto, menos estáveis que os complexos de esfera interna, que necessariamente envolvem ligações quer iónicas quer covalentes, ou uma combinação das duas, sendo equivalentes aos íões adsorvidos especificamente, ou aos íões que sofrem complexação orgânica (ALLOWAY, 1990a; SPOSITO, 1994 e 1984).

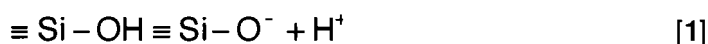
3.2.1.1. Troca Catiónica (ou adsorção não específica)

A adsorção por troca catiónica pode ser descrita como a formação de complexos de esfera externa com grupos funcionais de superfície. Este processo apresenta a característica de ser reversível, controlado pela difusão, estequiométrico e selectivo

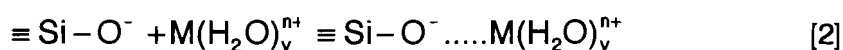
A capacidade de troca catiónica, CTC, dos solos minerais pode variar desde valores muito baixos até 60 cmol_e kg⁻¹ de solo. Em solos orgânicos, pode atingir valores da ordem dos 200 cmol_e kg⁻¹ (SPOSITO, 1984).

As cargas negativas de superfície são de dois tipos: i) cargas permanentes (independentes do pH), resultantes da ocorrência de substituições isomórficas em minerais

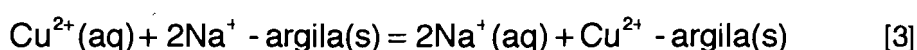
de argila do tipo 2:1; e ii) cargas dependentes do pH, em polímeros húmicos (por dissociação de prótons de grupos carboxílicos e fenólicos, entre outros) e em hidróxidos (por dissociação de prótons de grupos O e OH), tal como:



Estas cargas atraem electrostaticamente iões metálicos, formando ligações de acordo com a reacção [2]. Nestas posições, os iões metálicos são permutáveis, devido à baixa energia deste tipo de ligação (McBRIDE, 1994).



O processo de troca iónica é geralmente escrito no formalismo de uma reacção química, tal como,

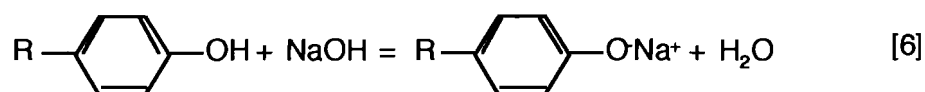
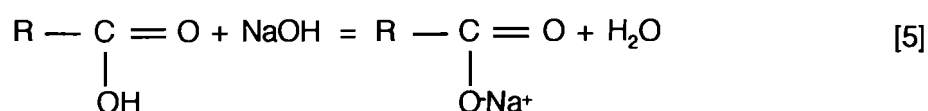


O coeficiente de selectividade (K_s) deste processo, pode ser expresso como [4], onde [Na] e [Cu] representam a molaridade dos metais em solução, e N_{Na} e N_{Cu} simbolizam a fracção das posições de troca das argilas ocupadas por Na^+ e Cu^{2+} .

$$K_s = \frac{[\text{Na}]^2 \cdot N_{\text{Cu}}}{[\text{Cu}] \cdot (N_{\text{Na}})^2} \quad [4]$$

Existe um valor de pH, designado por ponto isoelectrico que, para os óxidos e hidróxidos de Fe e Al valor é superior a 8, o que significa que é reduzida a contribuição destes minerais para a CTC de um solo, para valores de pH inferiores a 8.

Nos polímeros orgânicos, os grupos carboxílicos ([5]) têm uma constante de dissociação (pK) entre 3 e 5, enquanto que nos grupos fenólicos ([6]) o valor desta constante é superior a 7.



Todas as posições de troca dos coloides húmicos são dependentes do pH, manifestando estes uma elevada capacidade de adsorção para valores de pH superiores a 5. Um modelo simples de dissociação ácida pode ser utilizado para descrever esta dependência do pH:



onde a constante de dissociação K_a é definida por [8],

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \quad [8]$$

exprimindo a equação [8] na sua forma logarítmica,

$$pK_a = -\log K_a = pH - \log \left\{ \frac{[A^-]}{[AH]} \right\} \quad [9]$$

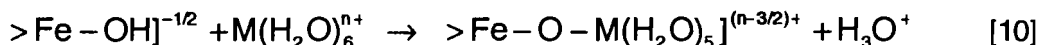
Embora, em solos minerais, o teor de matéria orgânica seja bastante inferior ao de argila, a sua contribuição para a CTC do solo é de enorme importância. Uma vez que os grupos carboxílicos são geralmente mais acídicos que os grupos fenólicos, os primeiros são os principais responsáveis pela CTC atribuída à matéria orgânica nos solos (McBRIDE, 1994; BOLT, 1978).

3.2.1.2. Adsorção Específica

A adsorção específica, com formação de complexos de esfera interna ou complexos de coordenação, envolve a troca de cátions metálicos com ligandos de superfície para formar ligações parcialmente covalentes com iões da estrutura dos coloides (STUMM, 1990; STUMM e MORGAN, 1981).

Este tipo de ligação difere substancialmente da ligação electrostática, sendo mais específica (depende da identidade do ião metálico e do grupo de superfície), direcciona e menos reversível (McBRIDE, 1994).

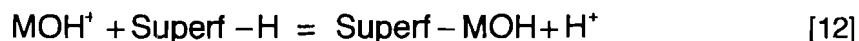
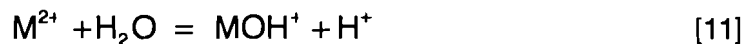
Através deste mecanismo, os iões metálicos podem ser adsorvidos numa extensão muito superior à que seria de esperar como resultado apenas da CTC. Assim, por exemplo, BRÜMMER, 1986, mostrou que a capacidade de adsorção de Zn pelos óxidos amorfo de Fe e Al, era 7 e 26 vezes superior às respectivas CTCs, para pH 7.6.



A reacção [10] tem pelo menos quatro características que a distinguem das reacções de troca iónica (McBRIDE, 1994):

1. Libertação de tantos iões H^+ por cada catião M^{n+} adsorvido.
2. Elevado grau de especificidade revelado por determinados minerais relativamente a determinados MP.
3. Tendência para a irreversibilidade ou, pelo menos, para uma taxa de dessorção substancialmente mais lenta que a taxa de adsorção.
4. Modificação das cargas de superfície para valores mais positivos (significando que o metal adsorvido e a sua carga se tomam parte da superfície do mineral, deslocando o ponto isoelectrico para valores de pH mais elevados).

A adsorção específica é fortemente dependente do pH e está relacionada com a hidrólise dos íons metálicos, sendo, portanto, um processo selectivo (McBRIDE, 1994; ALLOWAY, 1990b; BARROW et al., 1981), verificando-se que a actividade do OH⁻ condiciona a extensão da adsorção do metal (SPOSITO, 1994 e 1984). Assim, os metais mais facilmente hidrolisáveis sofrem adsorção específica numa maior extensão, e o valor de constante de dissociação (pK_a) da reacção [11],



determina o comportamento dos diferentes metais no que se refere à adsorção (SCHINDLER, 1984). Por exemplo, na caulinite verifica-se um brusco aumento da adsorção de cobre por subida do pH de 5.5 para 6.0, sugerindo a adsorção de complexos Cu-hidróxido pelos minerais de argila (SPOSITO, 1984).

Para o Cu, o valor pK₁ para a reacção [11] é cerca de 8, o que significa que a pH 4, cerca de 0.01% dos íons Cu estão presentes como CuOH⁺, e que esta reacção aumenta 10 vezes quando o pH aumenta para 5 (BARROW et al., 1981).

O pH pode influenciar a adsorção de MP através de: i) ionização dos grupos de superfície; ii) modificação do equilíbrio das reacções de complexação de superfície; iii) competição com o H⁺ e o Al³⁺ para as cargas negativas; e iv) variação da especiação de metais (MSAKY e CALVET, 1990).

Para o mesmo valor de pH, a adsorção específica aumenta com a diminuição do valor de pK. BRÜMMER et al., 1986, referem a seguinte sequência para o aumento da adsorção específica: Cd (10.1) < Ni (9.9) < Co (9.7) < Zn (9.0) << Cu (7.7) < Pb (7.7) < Hg (3.4), em função das constantes de dissociação (pK) do metal.

Quanto mais baixo for o teor de MP no solo e quanto maior for o número de posições disponíveis para a adsorção específica, maior a probabilidade dos processos de adsorção/dessorção determinarem a concentração dos elementos na solução do solo (BRÜMMER et al., 1986).

Os hidróxidos de Al, Fe e Mn são considerados como os principais constituintes do solo envolvidos no mecanismo de adsorção específica. A adsorção de catiões metálicos pelas superfícies dos óxidos é acompanhada pela formação de uma película de um polímero do hidróxido do metal sobre o adsorvente. A extensão deste revestimento depende do pH, da concentração inicial de catiões metálicos e do potencial iónico desses catiões, bem como de outros factores que determinam a sua hidrólise.

JANSSEN et al., 1997, referem que uma diminuição do pH, para além de determinar uma menor CTC, reduz também a afinidade dos hidróxidos de Al para os íons metálicos, redução esta que é também reforçada pelo aumento da competição com íons Al³⁺.

Por sua vez, o potencial iónico (razão entre a valência e o raio iónico) é uma propriedade particularmente importante, uma vez que metais com potenciais iónicos entre 30 e 100nm⁻¹ (ex. Al³⁺) formam, rapidamente, extensas películas, enquanto que metais com potenciais iónicos inferiores a 30 nm⁻¹ (metais do Grupo II da Tabela Periódica) só o fazem para valores de pH relativamente elevados (SPOSITO, 1994).

Para além de poderem ser adsorvidos à superfície dos minerais, os iões metálicos também podem sofrer difusão para o interior da estrutura de minerais como a goetite, óxidos de Mn, ilites e esmectites, entre outros. A taxa relativa de difusão do ião metálico aumenta com o pH até um máximo que é igual ao valor de pK para a situação em que $M^{2+} \rightleftharpoons MOH^+$ na superfície do mineral. Acima deste valor de pH, $MOH^+ > M^{2+}$, e a taxa de difusão diminui.

Os mecanismos de adsorção do Cu têm sido objecto de diversos estudos¹. Todos os minerais do solo são capazes de adsorver os iões Cu da solução do solo, dependendo esta capacidade da carga de superfície dos compostos adsorventes.

As maiores quantidades de Cu adsorvido têm sido encontradas nos óxidos de Fe e Mn, hidróxidos amorfos de Fe e Al, e argilas, tendo sido encontrada uma correlação fortemente significativa entre a adsorção de Cu na camada superficial e a soma de bases (S) (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1992; HARTER, 1979). McLAREN e CRAWFORD, 1973a, verificaram que a matéria orgânica e os óxidos de Mn dominavam a adsorção específica do Cu. De acordo com estes autores, a adsorção de Cu pelos constituintes do solo segue a ordem, óxidos de Mn > matéria orgânica > óxidos de Fe > minerais de argila.

A adsorção de Cu resulta, geralmente, numa descida do pH e numa libertação de Mn, estando a libertação de protões provavelmente associada a reacções de troca e à hidrólise dos iões metálicos (KURDI e DONER, 1983).

Para a adsorção de MP num solo, não existe nenhuma relação simples entre os seus coeficientes de distribuição e os parâmetros do solo, dado que podem ocorrer várias espécies de um metal em solução devido à complexação com ligandos orgânicos e inorgânicos. O ião livre, bem como as suas espécies complexadas, podem estar sujeitos a trocas iónicas, adsorção não específica e, ou complexação de superfície. Também são possíveis reacções de precipitação e co-precipitação (ex. formação de MnO₂) mas, em muitos solos, a actividade dos MP da solução é inferior à explicada a partir de dados de solubilidade de precipitados (GERRITSE e VAN DRIEL, 1984).

¹ TEMMINGHOFF, 1998; BREAUULT et al., 1996; SCHEIDEGGER e SPARKS, 1996; GROSSL et al., 1994; STEVENSON et al., 1993; BARON et al., 1990; McBRIDE, 1989; HARTER, 1984, 1983, 1979; JARVIS, 1983; ARANGHIERI et al., 1985; ADAMS e SANDERS, 1984; CAVALLARO e McBRIDE, 1984, 1980a e b, 1978; SANDERS, 1982, 1980; BARROW et al., 1981; McLAREN e CRAWFORD, 1973a e b (entre outros).

Em muitos solos de regiões temperadas, a matéria orgânica, o pH, e a força iónica da solução do solo são os principais factores que comandam a adsorção de MP, enquanto que em solos com pouca matéria orgânica ou elevado teor em óxidos de Fe, Al e Mn, a fracção mineral torna-se importante na adsorção. A força iónica e o pH da solução do solo afectam a carga de superfície nestes solos, influenciando fortemente a adsorção de MP (GERRITSE e VAN DRIEL, 1984).

As reacções de adsorção são geralmente rápidas, havendo provavelmente uma segunda fase mais lenta (BOURG, 1988; ARANGHERI et al., 1985). Esta dependência do tempo pode ser interpretada quer por uma evolução da partícula adsorvente, quer por um equilíbrio adsorção-dessorção, seguido de uma lenta migração na malha estrutural.

3.2.1.3. Complexação Orgânica

Os compostos orgânicos presentes no solo, com capacidade para formar complexos com os MP, podem ser divididos em três grandes grupos: **1)** substâncias orgânicas de estrutura molecular e propriedades químicas conhecidas, incluindo simples ácidos alifáticos, polisacáridos; aminoácidos, polifenóis; **2)** xenobióticos orgânicos provenientes de actividades humanas, agrícolas, industriais, urbanas; e **3)** substâncias húmicas (SENESI, 1992).

As substâncias húmicas, SH, representam uma proporção significativa do carbono orgânico total no ciclo global do carbono, constituindo a principal fracção orgânica no solo (70 a 80%) (SENESI, 1992). Sendo polímeros orgânicos que persistem no solo, as SH têm uma elevada complexidade estrutural e as suas estruturas moleculares não estão ainda definitivamente estabelecidas (v. Caixa). Apesar deste desconhecimento, sabe-se hoje que a formação de complexos estáveis com substâncias orgânicas desempenha um papel proeminente em praticamente todos os aspectos da química dos MP no solo (STEVENSON, 1994; SENESI, 1992). A dissolução parcial das substâncias húmicas e a libertação de compostos orgânicos solúveis pela fauna e flora do solo proporcionam uma série de superfícies de adsorção na solução do solo (SPOSITO, 1984).

A matéria orgânica do solo, como meio fortemente adsorvente, pode mesmo, até certo ponto, substituir o pH no controlo da biodisponibilidade de metais pesados (KING e DUNLOP, 1982). De facto, as SH da fase sólida, tais como os ácidos húmicos (AH), para além de envolvidas em reacções de troca iónica, podem também adsorver metais através da formação de complexos/quelatos orgânicos. Esta imobilização dos metais, devida à formação de complexos organo-metálicos insolúveis e ao aumento da capacidade de troca cationica do solo, pode, muitas vezes, tornar os metais pesados menos disponíveis para as plantas (SENESI, 1992; RAM e VERLOO, 1985).

Por sua vez, as moléculas orgânicas de baixo peso molecular, produzidas durante a decomposição microbiana, ou introduzidas com os materiais aplicados ao solo, formam complexos solúveis com os elementos metálicos, impedindo assim a sua adsorção ou precipitação. Estes complexos têm, portanto, maior mobilidade, funcionando como transportadores de metais (SENESI, 1992) e, segundo NEAL e SPOSITO, 1986, são, provavelmente, mais facilmente absorvidos pelas plantas do que os cátions metálicos.

O elevado grau de selectividade observado entre certos MP para a matéria orgânica, significa que alguns metais, nomeadamente os cátions metálicos multivalentes (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} , etc), têm a capacidade de formar ligações de coordenação com as moléculas orgânicas (McBRIDE, 1994), sendo a formação de complexos de esfera interna o processo dominante na ligação entre MP e ligandos orgânicos².

Os grupos mais reactivos são os carboxílicos e fenólicos, que formam complexos de coordenação com iões metálicos. Vários autores (STEVENSON, 1994; SENESI, 1992; CHEN e STEVENSON, 1986), referem o papel predominante dos grupos carboxílicos na complexação de iões metálicos por ácidos húmicos e fúlvicos (v. Caixa, Quadro 3.2).

As moléculas orgânicas com mais de um grupo funcional dador de electrões podem ocupar duas ou mais posições de coordenação do metal, formando complexos polidentados com esse metal (Figura 3.3). Estes complexos designam-se por quelatos. A formação de mais de uma ponte de ligação entre metal e molécula orgânica resulta numa elevada estabilidade do complexo (STEVENSON, 1994; CHEN e STEVENSON, 1986; LINDSAY, 1979).

Devido à grande estabilidade e compensação de cargas positivas, os quelatos dissolvidos podem aumentar significativamente a mobilidade dos iões metálicos. Por outro lado, a complexação com a matéria orgânica não dissolvida leva à sua imobilização (SCHULIN et al., 1995).

Os complexos podem também envolver mais de uma molécula de ligando, formando-se complexos mistos ou ternários, cuja estabilidade aumenta com o número de grupos ligandos intervenientes por entidade molecular ou mineral. Assim, polímeros de cadeia longa, com uma elevada densidade de grupos carboxílicos, tais como os ácidos húmicos e fúlvicos, proporcionam estruturas de ligação particularmente eficientes (SCHULIN et al, 1995; SENESI, 1992; HOFSTEDE e HO, 1991; ALLOWAY, 1990; JØRGENSEN e JENSEN, 1984).

Certos iões metálicos só formam complexos com ligandos que contenham oxigénio como dador de electrões, enquanto outros se coordenam com ligandos contendo N, P e S como átomos dadores (BUFFLE, 1984). Os iões Cu^{2+} , no entanto, formam complexos de coordenação com todos os grupos funcionais presentes nos ácidos húmicos e fúlvicos (STEVENSON, 1994; SENESI, 1992; STUMM e MORGAN, 1981) e, portanto, a

² Um catião metálico em solução aquosa, atrai moléculas de água orientadas de acordo com a atracção electrostática. O complexo forma-se quando as moléculas de água que envolvem o ião metálico são substituídas por outras moléculas ou iões, com formação de um composto de coordenação. A molécula orgânica que se combina com o ião metálico é designada por ligando (STEVENSON, 1994).

complexação orgânica tem um papel determinante no comportamento biogeoquímico deste metal.

Enquanto que cátions metálicos monovalentes fortemente hidratados formam complexos de esfera externa com os aniões orgânicos (troca catiónica), os cátions metálicos bivalentes formam, geralmente, complexos de esfera interna (adsorção específica) (SENESI, 1992).

A estabilidade dos complexos organo-metálicos é principalmente determinada por: i) número e natureza química dos átomos que formam a ligação com o íon metálico; ii) número de anéis formados; iii) número de átomos nos anéis; iv) natureza dos íons metálicos; v) concentração de metais e de ligandos; e vi) pH e força iônica (SCHULIN et al, 1995 e 1992).

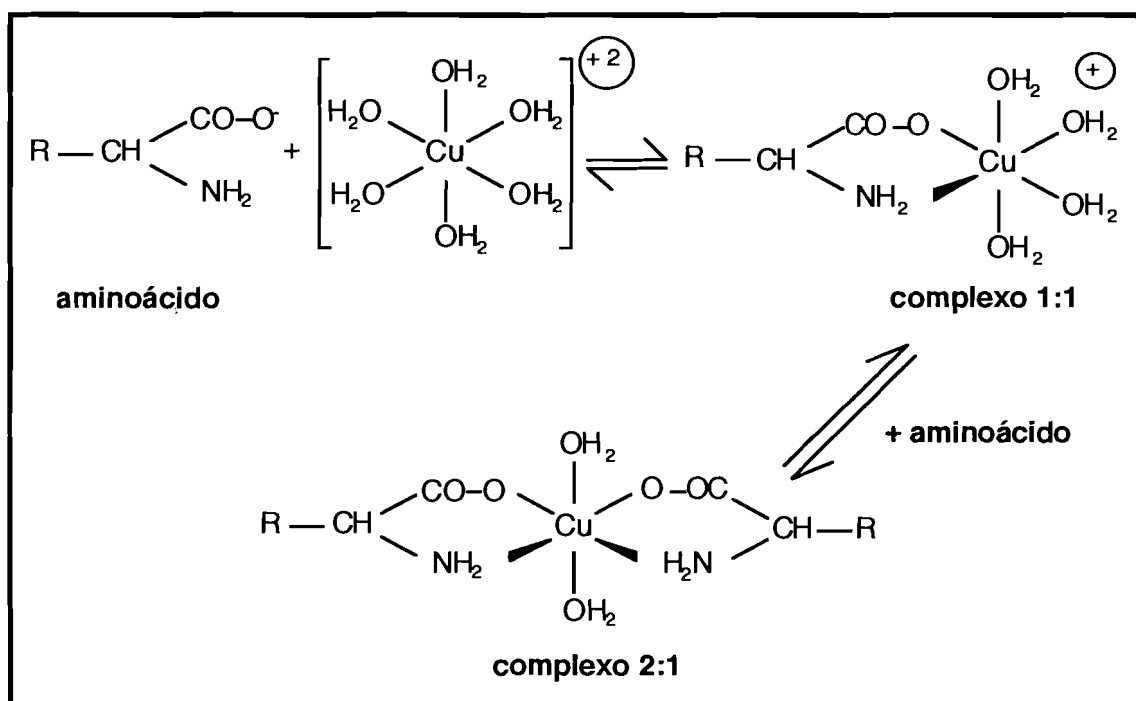


Figura 3.3 - Formação de complexos de Cu^{2+} 1:1 e 2:1 com um aminoácido (STEVENSON, 1994)

Considerando que a estabilidade dos complexos organo-metálicos varia com o cátion metálico, poderia considerar-se apropriado fazer a sua classificação em termos de sequência de estabilidade, uma vez que a constante de estabilidade quantifica a afinidade do metal para o ligando (STEVENSON, 1994; SENESI, 1992; CHEN e STEVENSON, 1986). ALLOWAY, 1990, refere que as constantes de estabilidade³ dos quelatos metálicos têm a seguinte ordem decrescente: $\text{Cu} > \text{Fe} = \text{Al} > \text{Mn} = \text{Co} > \text{Zn}$. No entanto, e de acordo com os factores anteriormente mencionados, esta sequência de estabilidade depende

³ A constante de estabilidade (K) é um valor indicador da afinidade do cátion para o ligando. Se $n\text{M} + m\text{L} = \text{M}_n\text{L}_m$, $K = \frac{(\text{M}_n\text{L}_m)}{(\text{M})^n (\text{L})^m}$, em que os termos M, L e M_nL_m representam as concentrações molares do metal livre, do ligando livre e do complexo, respectivamente (STEVENSON, 1994).

criticamente do pH e das características químicas do material orgânico (STEVENSON, 1994; SCHULIN et al, 1995 e 1992; CHEN e STEVENSON, 1986).

A dependência do pH é devida a dois efeitos. Por um lado, o pH é importante no controlo da solubilidade e hidrólise dos cátions metálicos, interferindo assim na sua capacidade de formar complexos com os ácidos húmicos ou fúlvicos. Por outro lado, as cargas de superfície das substâncias húmicas dependem do pH, verificando-se que com o aumento do pH, aumentam as cargas de superfície devido a uma maior dissociação dos grupos funcionais (HOFSTEDE e HO, 1991).

SCHULIN et al., 1995, referem que a estabilidade dos complexos organo-metálicos aumenta com o pH, devido a uma maior dissociação de grupos funcionais, e a uma diminuição da força iónica. O efeito marcado da força iónica na estabilidade dos complexos organo-metálicos, é referido por HOFSTEDE e HO, 1991, mostrando que o aumento da força iónica reduz o valor das constantes de estabilidade, provavelmente devido a uma maior competição dos iões em solução para as cargas orgânicas de superfície.

Assim, por exemplo, num sistema solo aproximadamente neutro, os iões Ca e os protões podem afectar as ligações de metais como o Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} e Pb^{2+} . Por sua vez, em sistemas ácidos, para além do Ca e protões, os iões Al são também importantes (JANSSEN et al., 1997; NEDERLOF et al., 1997).

A formação de complexos e quelatos orgânicos comanda e modifica o comportamento do Cu na maior parte dos solos, sendo hoje amplamente reconhecida a capacidade dos constituintes orgânicos do solo complexarem o Cu. De facto, muitos tipos de substâncias orgânicas formam complexos solúveis e insolúveis com o Cu, verificando-se que a capacidade de reter ou mobilizar o Cu está altamente dependente da natureza e teor de matéria orgânica do solo (KUITERS et al., 1997). De acordo com KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1992, mesmo em solos com um teor em matéria orgânica inferior a 5%, esta é responsável por, pelo menos, 50% da imobilização dos MP.

A interpretação de espectros de ESR⁴ (SENESI, 1992), sugere a contribuição de ligações covalentes geralmente elevadas, consistentes quer com locais de ligação completamente oxigenados, quer com locais envolvendo um ou mais ligandos azotados. Os carboxilos, fenóis, hidroxilos, carbonis e, eventualmente, as moléculas de água, são geralmente considerados como os principais grupos funcionais que participam na complexação do Cu pelas substâncias húmicas.

STEVENSON e FITCH, 1993, referem que a quantidade máxima de Cu ligada aos ácidos húmicos e fúlvicos é aproximadamente igual à quantidade de grupos funcionais acídicos. BLOOMFIELD e SANDERS, 1977, por sua vez, verificaram que a formação de complexos organo-Cu aumentava com a diminuição do peso molecular, facto que pode ser atribuído à maior concentração de grupos fenólicos e carboxílicos dos ácidos fúlvicos, relativamente aos ácidos húmicos (STEVENSON, 1976).

⁴ ESR - Electron Spin Resonance.

AS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM ECOSSISTEMAS TERRESTRES

As substâncias húmicas, (SH), compreendem uma vasta classe de poli-electrólitos orgânicos com peso molecular relativamente elevado, biogénicos, estruturalmente complexos e heterogéneos, refractários, acídicos e de cor amarela a negra. Estes compostos são produto do processo de "humificação" que consiste na síntese química e biologicamente mediada de compostos provenientes da degradação de resíduos orgânicos (naturais ou antrópicos) e da actividade microbiana.

Uma vez que as SH não têm uma entidade química única, só podem ser descritas, do ponto de vista operacional, como uma mistura complexa de ácidos orgânicos. As principais fracções das SH (do ponto de vista operacional) são (1) os ácidos húmicos (AH), insolúveis em água para condições ácidas de pH (pH inferior a 2), mas solúveis para pH superiores; (2) os ácidos fúlvicos (AF), solúveis sob quaisquer condições de pH; e (3) humina, fracção das HS insolúvel em água para qualquer valor de pH.

As SH consistindo numa mistura heterogénea de compostos, não têm uma fórmula estrutural única, sendo, portanto, virtualmente impossível descrever a configuração molecular individual dos AH e AF. No entanto, pode estabelecer-se uma estrutura para a molécula "típica" dos AH e AF, com base em informações existentes sobre a sua composição, estrutura, funcionalidade e comportamento (Quadro 3.2).

Quadro 3.2 - Caracterização dos ácidos húmicos e dos ácidos fúlvicos, relativamente aos principais grupos funcionais (meq g⁻¹ de solo)

	Ácidos Húmicos	Ácidos Fúlvicos
• Acidez total	5.6 - 7.7	6.4 - 14.2
• COOH	1.5 - 5.7	6.1 - 11.2
• OH fenólicos	2.1 - 5.7	0.3 - 5.7
• OH alcoólicos	0.2 - 4.9	2.6 - 9.5
• CO quinónicos	1.4 - 2.6	0.3 - 2.0
• CO cetónicos	0.3 - 1.7	1.6 - 2.7
• OCH ₃	0.3 - 0.8	0.3 - 1.2

Os principais locais ligandos dos AH e AF para os iões metálicos são os grupos funcionais contendo oxigénio, incluindo carboxilos, alcoois, fenóis, e carbonis de vários tipos, tendo particular relevância a dissociação de grupos carboxílicos e fenólicos.

(Extraído de STEVENSON, 1994; SENESI, 1992; BUFFLE, 1984; CHEN e STEVENSON, 1986; HAYES, 1986).

3.2.1.4. Descrição Quantitativa da Adsorção de Iões Metálicos

3.2.1.4.1. Isotérmicas de Adsorção e Coeficiente de Distribuição

A descrição quantitativa da adsorção é feita através da reacção entre o solo e uma solução aquosa, em condições controladas de pressão e temperatura. Destes estudos resultam dados envolvendo a concentração da substância em solução e a concentração da substância adsorvida, que constitui a variável dependente. A representação destas variáveis é designado por isotérmica de adsorção (LANGMUIR, 1997).

No entanto, embora a extensão da adsorção possa ser medida e as isotérmicas calculadas, é geralmente difícil precisar qual o mecanismo responsável pela retenção de metais, num determinado caso particular.

Por este motivo, muitas vezes (mas nem sempre), quando não é conhecido o mecanismo de remoção de soluto da solução, utiliza-se o termo sorção, em vez de adsorção.

Os MP podem apresentar várias isotérmicas de adsorção, classificadas de acordo com o seu declive inicial: i) **curvas-S**, o declive inicial aumenta com a concentração da substância na solução do solo, sugerindo que a afinidade das partículas sólidas do solo para essa substância é inferior à afinidade da solução do solo; ii) **curvas-L**, o declive inicial não aumenta com a concentração da substância na solução do solo, devido a uma afinidade relativamente elevada da fase sólida do solo para a substância, para baixas concentrações, associada a uma diminuição da superfície de adsorção à medida que o excesso de adsorvido à superfície aumenta; iii) **curva-H**, versão extrema da isotérmica com curva-L, está relacionada com uma grande afinidade da fase sólida para uma substância adsorvida; iv) **curva-C**, o declive inicial permanece independente da concentração da substância na solução do solo até ao máximo de adsorção. Este tipo de isotérmica está relacionado com uma constante partição da substância entre a fase líquida e a fase sólida, ou por um aumento proporcional da superfície de adsorção à medida que a concentração da substância aumenta (SPOSITO, 1984; YARON et al., 1996).

A isotérmica-L é a mais comum, e a sua descrição matemática envolve tradicional e invariavelmente as equações de *Langmuir* ou de *Freundlich* (vanBemmelen-Freundlich).

A equação de Langmuir tem a forma

$$q = \frac{bKc}{1 + Kc} \quad [15]$$

onde \underline{c} representa a concentração de equilíbrio na fase líquida, \underline{q} a concentração da substância na fase sólida⁵ e, \underline{b} e \underline{K} são parâmetros característicos. O parâmetro \underline{b} representa o valor de \underline{q} que é atingido assintoticamente com o incremento de \underline{c} . Este valor

⁵ $q = x/m$, representa a massa de metal adsorvido relativamente à massa de solo.

máximo está de acordo com resultados experimentais, segundo os quais os metais são mais fracamente retidos à medida que a adsorção aumenta. O parâmetro K determina o declive inicial da isotérmica, estando relacionado com a energia de ligação (YARON et al., 1996; ALLOWAY, 1990a; SPOSITO, 1984)

Considerando o coeficiente de distribuição K_d ,

$$K_d \equiv \frac{q}{c} \quad [16]$$

a equação de Langmuir ([15]) multiplicada por $(1/c + K)$, reduz-se à expressão linear equivalente,

$$K_d = bK - Kq \quad [17]$$

Assim, se a equação de Langmuir é aplicável, representando graficamente K_d e q deverá obter-se uma recta de declive $-K$ e uma intercepção do eixo das abcissas igual a b .

A equação da isotérmica de Freundlich é a mais antiga das equações de adsorção não-linear, tendo sido bastante usada para descrever a retenção de solutos pelo solo. A equação não linear de Freundlich tem a forma

$$q = K_d c^\beta \quad [18]$$

em que q é a quantidade de soluto retida pelo solo em mg kg^{-1} , c é a concentração de soluto na solução, em mg L^{-1} , K_d é o coeficiente de distribuição⁶ em L Kg^{-1} , e β é um parâmetro de ajustamento, adimensional, positivo, compreendido entre 0 e 1.

A isotérmica de Freundlich pode ser considerada como o resultado de uma distribuição log-normal dos parâmetros K de Langmuir. Assim, linearizando a equação [18], obtém-se

$$\text{Log} q = \text{Log} K_d + \beta \text{Log} c \quad [19]$$

Esta equação traduz uma recta, que não expressa, para baixas concentrações, q como uma função linear de c , nem fornece um valor máximo de q . Uma vez que, em sistemas naturais, o processo de adsorção não é contínuo para concentrações ilimitadas de c , a equação de Freundlich só é aplicável para baixos valores deste parâmetro.

O cálculo da adsorção através das equações [18] ou [19], não é indiferente, uma vez que estas podem originar diferentes parâmetros (K_d e β). No entanto, geralmente é usada a forma logarítmica da equação de Freundlich, e não a exponencial (BUCHTER, 1989).

⁶ Na equação original, $q = Kc^\beta$, em que K é uma constante. No entanto para baixas concentrações de substrato, β é, geralmente próximo de 1, e K torna-se no coeficiente de distribuição K_d (JØRGENSEN e JENSEN, 1984).

O ajustamento da equação de Freundlich a um determinado conjunto de dados não fornece informação definitiva sobre os processos envolvidos, uma vez que a equação não esclarece qual o mecanismo de retenção. Contudo, muitas vezes, processos complexos de retenção podem, pelo menos, ser parcialmente descritos por modelos relativamente simples como o da equação de Freundlich. Deste modo, os parâmetros de Freundlich, K_d e β , são preferencialmente considerados como parâmetros descritivos, na ausência de evidências sobre os processos de retenção (BUCHTER, 1989).

Nenhuma das equações anteriores fornece informação adequada sobre os mecanismos de adsorção envolvidos e ambas assumem, não apenas uma distribuição uniforme dos pontos de adsorção, mas também a ausência de qualquer reacção entre os iões adsorvidos.

Por sua vez, o coeficiente de distribuição (K_d) é um parâmetro útil para comparar a capacidade de adsorção de diferentes solos ou constituintes, para um determinado elemento.

$$K_d = \frac{\text{quantidade adsorvida por unidade de peso do solo}}{\text{quantidade em solução por unidade de volume de líquido}} \quad [20]$$

Embora a adsorção de solutos no solo seja geralmente descrita por equações de Langmuir ou de Freundlich, existe uma limitação da aplicabilidade destas equações que se deve, geralmente, à simplificação implícita na sua utilização para descrever um processo tão complexo como o da adsorção. Geralmente este processo depende de um largo número de propriedades variáveis tanto da fase sólida adsorvente, como da solução do solo onde, para além da concentração do soluto na solução, outros parâmetros do sistema são igualmente relevantes e determinantes (DE HAAN et al., 1987).

As isotérmicas são fortemente dependentes do pH (MSAKY e CALVET, 1990) e raramente são lineares, sendo a sua forma muito dependente das condições experimentais utilizadas (metal, sólido, solução). Este facto significa que não podem ser extrapoladas, devido à influência das condições químicas específicas da solução na especiação dissolvida (competição iónica para as reacções de adsorção, complexação na solução, hidrólise) (BOURG, 1995 e 1988).

3.2.1.4.2. Modelos de Adsorção Electrostática ou Modelos de Complexação de Superfície

A descrição da adsorção através de isotérmicas tem uma aplicabilidade limitada, nomeadamente quando as espécies adsorvidas se encontram em concentrações muito baixas ($< 10^{-4}$ a 10^{-5} moles kg^{-1}), e os sólidos adsorventes apresentam uma carga de superfície dependente do pH (LANGMUIR, 1997).

Os modelos de adsorção de complexos, baseados na teoria da camada dupla difusa, abordam o processo a uma escala mecanística e atómica, podendo ser utilizados na modelação e previsão da adsorção, considerando que esta depende do comportamento de complexos aquosos e acomodando, portanto, os efeitos de modificações na especiação em solução (LANGMUIR, 1997; SPOSITO, 1984).

Estes modelos têm sido designados por **modelos de adsorção electrostática** ou **modelos de complexação de superfície**, e consideram simultaneamente importantes propriedades do sistema, tais como, variações de pH, formação de complexos aquosos, força iónica da solução (especiação em solução), e as propriedades ácido-base e complexantes de um ou mais locais de adsorção.

Vários modelos deste tipo têm sido desenvolvidos, principalmente desde o final dos anos 70, referindo-se, nomeadamente os modelos: **1)** de capacitância constante (CC); **2)** da camada dupla (DL); e **3)** da camada tripla (TL), dada a sua maior aplicação na descrição do processo de adsorção em modelos geoquímicos (LANGMUIR, 1997).

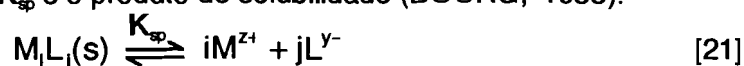
Estes modelos de complexação de superfície (CS) têm em consideração a especiação aquosa e as actividades dos iões em solução, aplicando ainda a teoria da camada dupla difusa (DDL). Esta teoria assume que as cargas de superfície, positivas ou negativas, de um adsorvente em contacto com uma solução, geram um potencial electrostático que diminui rapidamente com o afastamento da superfície adsorvente. Assim, próximo dessa superfície verifica-se um excesso de iões de carga contrária e um défice de iões de carga do mesmo sinal, enquanto que na solução do solo "bruta" há um equilíbrio de cargas entre catiões e aniões (BARROW, 1985; SPOSITO, 1984).

Deste modo, os modelos de CS consideram o processo de adsorção de uma forma mais atomística e mecanística, relativamente a modelos mais simples, facto que reforça a sua capacidade de prever e simular a adsorção para outras condições que não as experimentais.

3.2.2. Processos de Co-precipitação/Precipitação

Em determinadas condições químicas (controladas por interacções sólidos-solução), a precipitação de sólidos como carbonatos, óxidos, fosfatos, silicatos e sulfuretos metálicos, condiciona a solubilidade do metal, impondo um limite máximo para a concentração susceptível de ser mobilizada (BOURG, 1995; JØRGENSEN e JENSEN, 1984).

As reacções de dissolução/precipitação controlam a composição da solução do solo através da reacção [21], onde M e L são o metal de carga z^+ e o ião ligando de carga y^- , i e j são coeficientes estequiométricos e K_{sp} é o produto de solubilidade (BOURG, 1988).



A medida que aumenta a concentração de um ião na solução do solo, a precipitação de uma nova fase sólida não ocorre enquanto o K_{sp} dessa fase não for excedido (McBRIDE, 1994).

A situação de uma solução relativamente à precipitação, pode ser quantificada comparando o Produto de Actividade do Ião (IAP^7) com o K_{sp} do sólido cristalino. A razão $IAP/K_{sp} < 1$ define um estado de sub-saturação, enquanto que $IAP/K_{sp} = 1$ define a saturação e $IAP/K_{sp} > 1$ a sobre-saturação da solução relativamente a uma determinada fase sólida (STUMM, 1990; STUMM e MORGAN, 1981).

Em sistemas naturais, as principais causas para a precipitação de metais são (NOVOTNY, 1995):

- oxidação de componentes reduzidos como o Fe e Mn,
- redução do sulfato a sulfureto (Fe, Cu, Ag, Zn, Hg, Ni, Se, As, são precipitados como sulfuretos metálicos),
- reacções alcalinas precipitando metais devido ao aumento do pH.

Ambos os processos, adsorção e precipitação, implicam a perda de material da fase aquosa, mas enquanto que um deles é inerentemente bidimensional, o outro é tridimensional. A dificuldade em distinguir adsorção de precipitação deve-se ao facto de novas fases sólidas poderem precipitar homogeneamente à superfície de outras fases sólidas já existentes. Assim, na ausência de dados que permitam optar relativamente ao processo responsável pela perda de material da solução do solo, designa-se o processo por sorção de modo a evitar a implicação de que ocorreu adsorção ou precipitação (McBRIDE, 1994; SPOSITO, 1984).

A formação de fases sólidas para a generalidade dos MP raramente tem sido identificada, uma vez que, na maior parte dos sistemas estudados, a solubilidade de equilíbrio não é ultrapassada.

Os hidróxidos de Fe e Mn são importantes na imobilização/retenção MP, através de processos de adsorção/co-precipitação. Um aumento do pH e do teor de oxigénio favorecem a formação de hidróxidos metálicos e outros precipitados metálicos, enquanto que uma diminuição do potencial redox (ex: por encharcamento) pode levar a um marcado aumento na disponibilidade de metais, em condições naturais. Este último efeito pode, em certa medida, ser compensado em sistemas solo/resíduos orgânicos através da formação de complexos organo-metálicos e de sulfuretos (HUE et al., 1988; SALOMONS e FÖRSTNER, 1984).

Mecanismos desta natureza estão relacionados com a adsorção não específica do Cu, sendo provável a incorporação de Cu em estruturas de vários minerais. Os hidróxidos de Fe e Mn, bem como carbonatos e fosfatos e, numa certa extensão, também as argilas, têm uma elevada afinidade para ligar o Cu em formas não difusíveis, que constituem a fracção

⁷ O produto de actividade do ião, da reacção [24] é $IAP \equiv (M^{Z+})^i (L^{Y-})^j$ (SPOSITO, 1983).

de Cu mais estável no solo. Nesta quimi-sorção podem também estar envolvidas ligações por pontes de oxigénio (KABATA-PENDIAS and PENDIAS, 1992).

3.3. ESPECIAÇÃO DE METAIS PESADOS NA SOLUÇÃO DO SOLO

Na discussão dos problemas ambientais provocados pela acumulação de MP no solo, considera-se que o significado ecotoxicológico do seu impacto é determinado, mais pela forma e reactividade específicas dos compostos presentes do que pela sua taxa de acumulação (RÖMKENS et al., 1997; SENESI, 1992; KING, 1988; PETRUZZELLI et al., 1986; JØRGENSEN e JENSEN, 1984; LE RICHE e WEIR, 1963), sendo hoje amplamente reconhecido que o parâmetro mais significativo para a compreensão do comportamento ambiental e descrição da mobilidade de um elemento metálico é a sua especiação.

Especiação química pode ser definida como a distribuição de um determinado elemento ou composto em várias formas ou espécies químicas que, no seu conjunto, determinam a concentração total desse elemento ou composto numa amostra (BOURG, 1995 e 1988; TURNER, 1984).

A especiação de metais pesados no solo e águas está relacionada com a sua reactividade biogeoquímica que, por sua vez, é controlada pelo ambiente local no que se refere à água, microflora e propriedades do espaço poroso (BOURG, 1995).

A fase aquosa do solo, isto é, a solução do solo, é o centro de toda a actividade química, constituindo um sistema dinâmico e aberto, cujas propriedades representam o efeito da formação de complexos solúveis e de reacções de oxidação-redução, adsorção e precipitação-dissolução. O resultado destas reacções é uma complexa rede de interacções químicas mediada por fluxos variáveis de matéria e energia provenientes da atmosfera, hidrosfera e biosfera (SPOSITO, 1983).

Reacções de hidrólise e complexação em solução tendem a aumentar a solubilidade dos metais, enquanto que a precipitação e adsorção retardam a sua disponibilidade e transporte. Assim, a distribuição dos metais entre as várias espécies possíveis é o resultado de uma série de reacções químicas heterogéneas sólido/líquido (Figura 3.4). A Figura 3.4 é uma simplificação da especiação de MP, verificando-se que, em meios naturais, ocorre uma grande variedade de reacções mais complexas que dificultam o seu estudo (BOURG, 1995). Assim, por exemplo, enquanto que, em determinadas situações a co-precipitação pode controlar a solubilidade do metal, outras condições podem levar à adsorção de complexos organo-metálicos na fase sólida, quer através do metal, quer através do ligando orgânico.

No solo, a solubilidade de MP que formam fortes associações com compostos orgânicos naturais (tais como o Hg, Pb, Cu), está estreitamente relacionada com o comportamento da matéria orgânica (solubilização vs. insolubilização) e, geralmente, as reacções que controlam a especiação de determinado metal são relativamente rápidas (BOURG, 1995).

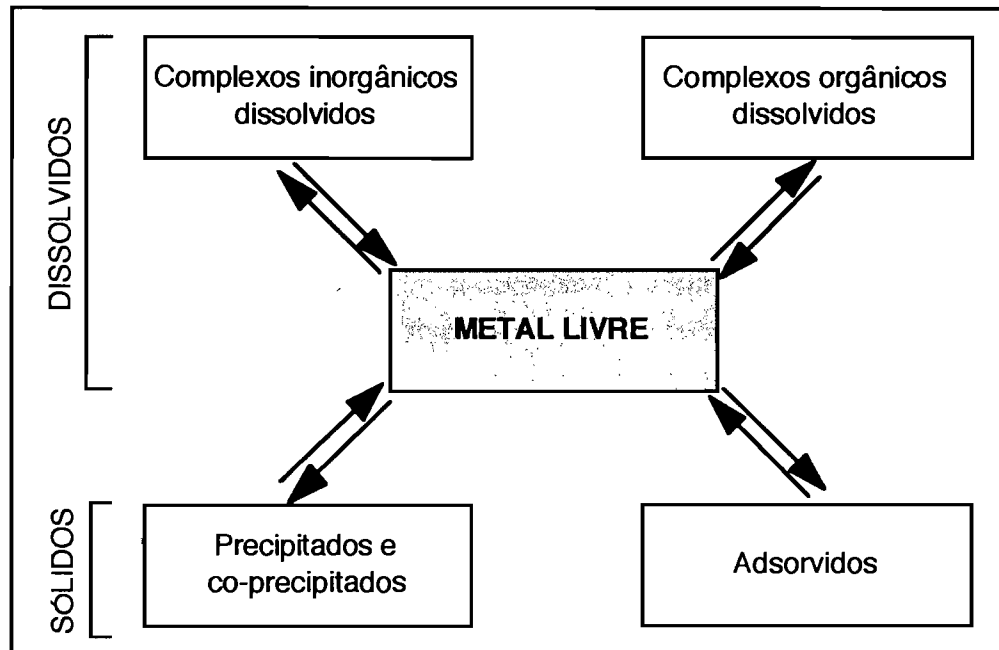
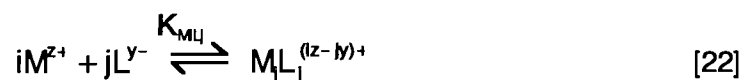


Figura 3.4 - Especiação geoquímica dos MP (adaptado de BOURG, 1995).

O conhecimento desta especiação é particularmente importante em micro elementos uma vez que estes são significativamente influenciados pela química dos principais iões presentes na solução do solo:



sendo K_{ML_j} a constante de formação do complexo. Assim, a actividade de uma espécie complexada pode ser determinada de acordo com:

$$M_iL_j = K_{ML_j} (M^{z+})^i (L^{y-})^j \quad [23]$$

Devido à heterogeneidade do sistema solo, os metais podem formar diferentes espécies de acordo com os compostos a que estão ligados. Em meios naturais, os ligandos mais significativos dos MP são: OH^- , Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , moléculas orgânicas, cargas de superfície e, em menor extensão, formas fosfatadas e silicatadas, e NO_3^- (BOURG, 1988).

Os mecanismos de ligação dos MP são diversos, e dependem das características físicas, químicas e biológicas dos solos, determinando a natureza e concentração das espécies

metálicas presentes na solução do solo e, portanto, a sua biodisponibilidade e mobilidade (ALLOWAY e JACKSON, 1991; BRÜMMER et al., 1986).

Esta mobilidade depende assim, das interações dos metais com a fase sólida, que são influenciadas pelas condições da solução (pH, potencial redox, actividade microbiana, concentração de substâncias complexantes, temperatura), pelo tipo de reacção (adsorção/dessorção, precipitação/dissolução, floculação, etc.), pela cinética destas reacções e pela composição das fases sólidas (FÖRSTNER, 1988).

Devido à influência da formação de complexos orgânicos e inorgânicos e à competição de diferentes espécies e complexos por posições de adsorção, a descrição da interacção química é muitas vezes extremamente complicada (VAN RIEMSDIJK et al., 1989). Por este motivo, a natureza e dinâmica dos processos que determinam a concentração de MP na solução do solo não está ainda completamente esclarecida. Variações das condições ambientais impostas sobre o sistema solo, através de alterações do teor de água, das condições de equilíbrio e modificações da actividade microbiana, podem induzir modificações no tipo e concentração das espécies metálicas, sendo o seu conhecimento importante para uma avaliação dos efeitos a longo-prazo da acumulação de metais no solo (BRÜMMER et al., 1986).

Uma estimativa dos efeitos a longo-prazo na mobilidade dos metais, permitindo prever a sua biodisponibilidade e a sua distribuição e deslocação para as águas subterrâneas, deve pois ser baseada na concentração das potenciais "espécies activas" dos elementos metálicos. A sua avaliação qualitativa e/ou quantitativa pode envolver dados da solução do solo ou, para uma extrapolação sobre a mobilização de metais associados a fases sólidas, uma aplicação de métodos de extracção sequencial (FÖRSTNER, 1988).

Os estudos de especiação, operacionalmente definida, permitem diferenciar entre fracções solúvel, de troca, redutível (hidróxidos de Fe/Mn), oxidável (sulfuretos e fases orgânicas) e residual, desempenhando um papel importante na compreensão dos mecanismos de transporte, mobilização, retenção e transformação dos MP no solo, (Figura 3.5). Assim, em metais facilmente mobilizáveis, como o Zn e Cd, predominam as espécies ligadas à matéria orgânica, de troca e solúveis. Por sua vez o Cu e Mo predominam como espécies ligadas à matéria orgânica, aos óxidos de Fe e Mn e de troca, sendo o seu comportamento fortemente influenciado por modificações das condições do solo. Metais menos móveis, como o Pb, Ni e Cr, estão fundamentalmente presentes em silicatos da fracção residual (KABATA-PENDIAS, 1995).

As espécies metálicas presentes em formas solúveis, de troca ou quelatos, constituem a fracção mais móvel no solo, determinando o seu transporte e biodisponibilidade. As outras espécies são mais ou menos imóveis, sendo a mobilização de metais a partir destas fontes um processo controlado por uma difusão muito lenta (FÖRSTNER, 1988).

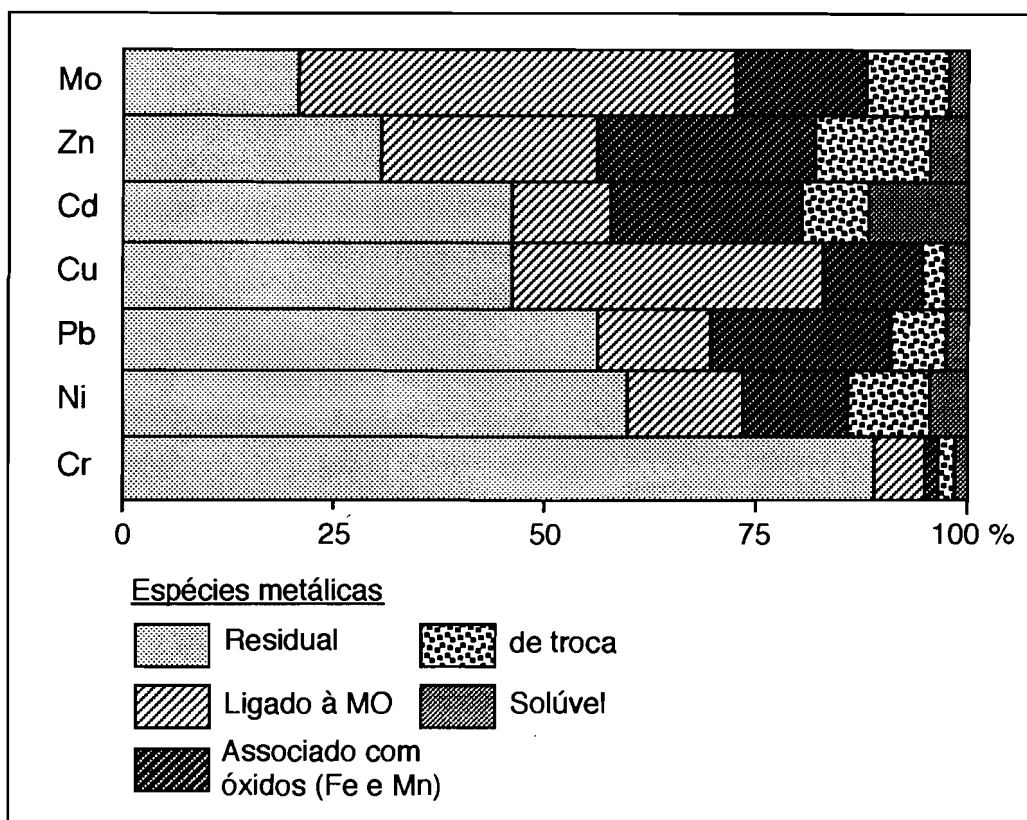


Figura 3.5 - Especiação de MP no solo (em % do teor total). KABATA-PENDIAS, 1995

A complexidade das reacções possíveis e as cinéticas das reacções em sistemas naturais, muitas vezes desconhecidas, têm dificultado o estudo da especiação metálica no solo. Para resolver estes problemas de cálculo do equilíbrio químico, recorre-se geralmente à utilização de modelos matemáticos que calculam a especiação de metais na solução do solo e o transporte de metais através do perfil (BRÜMMER et al., 1986; SALOMONS e FÖRSTNER, 1984). VAN RIEMSDIJK, 1997, refere que modelos como o ECOSAT e o CHARON, podem calcular a distribuição de um elemento nas suas várias formas, com base no seu teor total no solo, na percentagem de superfícies reactivas das argilas, da matéria orgânica e dos óxidos metálicos, e do pH.

No conceito de especiação está implícita uma reactividade geoquímica que, no caso específico da contaminação com MP, deve ser associada, tanto quanto possível, a processos de transporte e de fixação. Neste contexto, a especiação pode ser directamente relacionada com a mobilidade destes elementos em profundidade (BOURG, 1995).

No solo superficial a forma mais móvel de Cu é a forma catiónica bivalente, Cu^{2+} . No entanto, o Cu tem uma elevada reactividade que determina o aparecimento de outras espécies iónicas, inorgânicas e orgânicas, em função dos processos que controlam a sua fixação ou mobilidade, nomeadamente, processos de adsorção, oclusão e precipitação, complexação orgânica e fixação microbiana. Assim, os iões Cu são fortemente retidos na

fase sólida do solo (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1992) e a sua mobilidade e biodisponibilidade está relacionada com o potencial químico das espécies presentes na solução do solo (BAKER, 1990).

A reacção [24] dá a expressão da solubilidade do Cu do solo, a partir da qual, na expressão [25], se pode determinar a relação entre a actividade do Cu^{2+} e o pH (LINDSAY, 1979; 1972).



$$\log \text{Cu}^{2+} = 2.8 - 2\text{pH} \quad [25]$$

Embora o Cu seja um dos metais pesados menos móveis no solo, este metal é relativamente abundante na solução do solo onde está em equilíbrio com o Cu de troca e o Cu adsorvido especificamente (BARBER, 1984). As concentrações de Cu em soluções do solo obtidas por várias técnicas, varia de 3 a 135 $\mu\text{g L}^{-1}$, o que corresponde a concentrações de Cu de 0.047 μM a 2.125 μM (KABATA-PENDIAS, 1995). A solubilidade de ambas as formas catiónicas e aniónicas de Cu diminuem para valores de pH da ordem dos 7 a 8.

Para além do pH, outros factores que afectam significativamente a especiação do Cu em solução são o carbono orgânico dissolvido (DOC) e a concentração de catiões básicos (nomeadamente o Ca) (RÖMKENS et al., 1997).

No Quadro 3.3 estão indicadas as reacções de equilíbrio associadas às espécies iónicas e compostos de Cu normalmente encontrados no solo.

As reacções 6 a 10 do Quadro 3.3 mostram as reacções de hidrólise do Cu^{2+} , verificando-se que o Cu^{2+} é a espécie predominante para valores de pH inferiores a 6.9, enquanto que a espécie $\text{Cu}(\text{OH})_2^0$ predomina para valores de pH superiores àquele valor. A espécie CuOH^+ tem algum significado para pH próximo de 7, enquanto que as espécies $\text{Cu}(\text{OH})_3^-$, $\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$ e $\text{Cu}_2(\text{OH})_2^{2+}$ são, geralmente desprezáveis (LINDSAY, 1979).

De acordo com RITCHIE e JARVIS, 1986, a pH inferior a 6.25, na ausência de ligandos orgânicos, o Cu está presente na solução na sua forma iónica livre, enquanto que, acima de pH 7.5, as principais espécies presentes são complexos com os ligandos OH^- e CO_3^{2-} . Entre pH 6 e 7 a especiação do Cu é muito sensível ao pH, mas a maior parte dos complexos são formados com o OH^- .

Contudo, as formas mais comuns de Cu na solução do solo são quelatos orgânicos solúveis. A complexação orgânica do Cu tem uma relevante implicação prática, quer no controlo da biodisponibilidade, quer na migração do Cu no solo. A mobilidade e

biodisponibilidade de formas solúveis do Cu depende do teor e natureza dos complexos de Cu, verificando-se que compostos de baixo peso molecular libertados durante a degradação dos resíduos animais e vegetais, bem como resultantes da aplicação de lamas e efluentes, pode aumentar significativamente a mobilidade do Cu (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1992; KERVEN et al., 1984).

Quadro 3.3 - Reacções do Cu com ligandos comuns encontrados na solução do solo

Reacção Nº	Reacção de equilíbrio	log Kº
1	$\text{CuO(s)} + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ (tenorite)	7.66
2	$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3(\text{s}) + 4\text{H}^+ = 2\text{Cu}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2(\text{g})$ (malaquite)	12.99
3	$\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2(\text{s}) + 6\text{H}^+ = 3\text{Cu}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2(\text{g})$ (azurite)	19.57
4	$\text{Cu}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{aq})$	6.77
5	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{CO}_3^{2-} = \text{Cu}(\text{CO}_3)_2^{2-}(\text{aq})$	10.01
6	$\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O} = \text{CuOH}^+ + \text{H}^+$	-7.70
7	$2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2(\text{OH})_2^{2+} + 2\text{H}^+$	-10.95
8	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Cu}(\text{OH})_2^0 + 2\text{H}^+$	-13.80
9	$\text{Cu}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Cu}(\text{OH})_3^- + 3\text{H}^+$	-26.75
10	$\text{Cu}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Cu}(\text{OH})_4^{2-} + 4\text{H}^+$	-39.58
11	$\text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^- = \text{CuCl}^+$	0.21
12	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^- = \text{CuCl}_2^0$	-0.37
13	$\text{Cu}^{2+} + 3\text{Cl}^- = \text{CuCl}_3^-$	-1.77
14	$\text{Cu}^{2+} + 4\text{Cl}^- = \text{CuCl}_4^{2-}$	-4.08

NOTA: As reacções de equilíbrio e os valores do log Kº foram extraídos de RITCHIE e JARVIS, (1986); STUMM e MORGAN, (1981) e LINDSAY, (1979).

A determinação quantitativa da especiação de MP na solução do solo tem algumas limitações (analíticas, complexidade química, dificuldade de extracção da solução do solo, grande variabilidade temporal e espacial). No que se refere à descrição das formas químicas dos MP, a aproximação mais corrente é a termodinâmica química (SPOSITO,

1983 e 1981; STUMM e MORGAN, 1981) recorrendo-se muitas vezes a modelos de equilíbrio (GEOCHEM, MINEQ, CHARON, ECOSAT, etc) que, com base em dados analíticos precisos (aniões e catiões presentes, DOC), simulam a especiação metálica em solução, para determinadas condições, consideradas de “equilíbrio”. Esta aproximação só é aplicável quando essas condições estão bem caracterizadas no que diz respeito ao DOC, bem como relativamente às principais espécies catiónicas (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ , NH_4^+ , Cu^{2+} , etc.) e às principais espécies aniónicas (SO_4^{2-} , NO_3^- , HCO_3^- , Cl^- , etc.) presentes.

3.4. MOBILIDADE E BIODISPONIBILIDADE

Quando a água se infiltra no solo, adquire a sua composição química intrínseca, através de reacções geoquímicas heterogéneas. Esta modificação é resultado da actividade biológica envolvente, de interacções água-sólidos e da mistura física da água. A composição química resultante varia, portanto, no espaço e no tempo.

Várias reacções químicas em solução podem aumentar a solubilidade de metais (complexação inorgânica, incluindo hidrólise, e complexação orgânica, ambas com moléculas sintéticas e naturais), de acordo com a equação geral (sendo L um ligando protonável)



A Figura 3.6 mostra os principais processos envolvidos na mobilização/imobilização de MP no solo, dando ênfase aos mecanismos que, dependendo das condições ambientais, podem aumentar a mobilidade de espécies metálicas.

A actividade microbiológica, tem efeitos importantes no comportamento dos MP no solo, através da transformação degradativa da matéria orgânica, bem como de reacções de oxidação-redução envolvendo hidróxidos de Fe e Mn e sulfuretos.

Por sua vez, meios de pH neutro a alcalino e condições oxidantes, o Fe e Mn, amorfos ou cristalinos, são fortes adsorventes ou matrizes de co-precipitação.

Ambientes de pH baixo e potencial redox moderado a elevado, são os mais favoráveis para a solubilização de diversos MP. A labilidade dos complexos organo-metálicos tem também fortes implicações no transporte de metais, dependendo a capacidade de complexação (complexos de superfície ou dissolvidos), dos compostos orgânicos normalmente presentes no solo, de parâmetros como o pE e pH, bem como da ecologia microbiana existente (BOURG, 1995).

A complexação metálica pelas substâncias húmicas dissolvidas afecta a solubilidade dos MP, tendo sido verificado que elevados níveis de DOC em lixiviados de colunas de solo, aumentam a solubilidade do Zn, Cd e Cu (HESTERBERG et al., 1993; BOYLE e FULLER, 1987). DEL CASTILLO et al., 1997, verificaram também que elevadas concentrações de

metais na solução do solo, estavam geralmente associadas com valores baixos de pH e elevados níveis de DOC. RÖMKENS e DOLFING, 1998; RÖMKENS e BRIL, 1998 e RÖMKENS et al., 1997, chegaram a conclusões semelhantes relativamente à solubilidade do Cu em solos agrícolas.

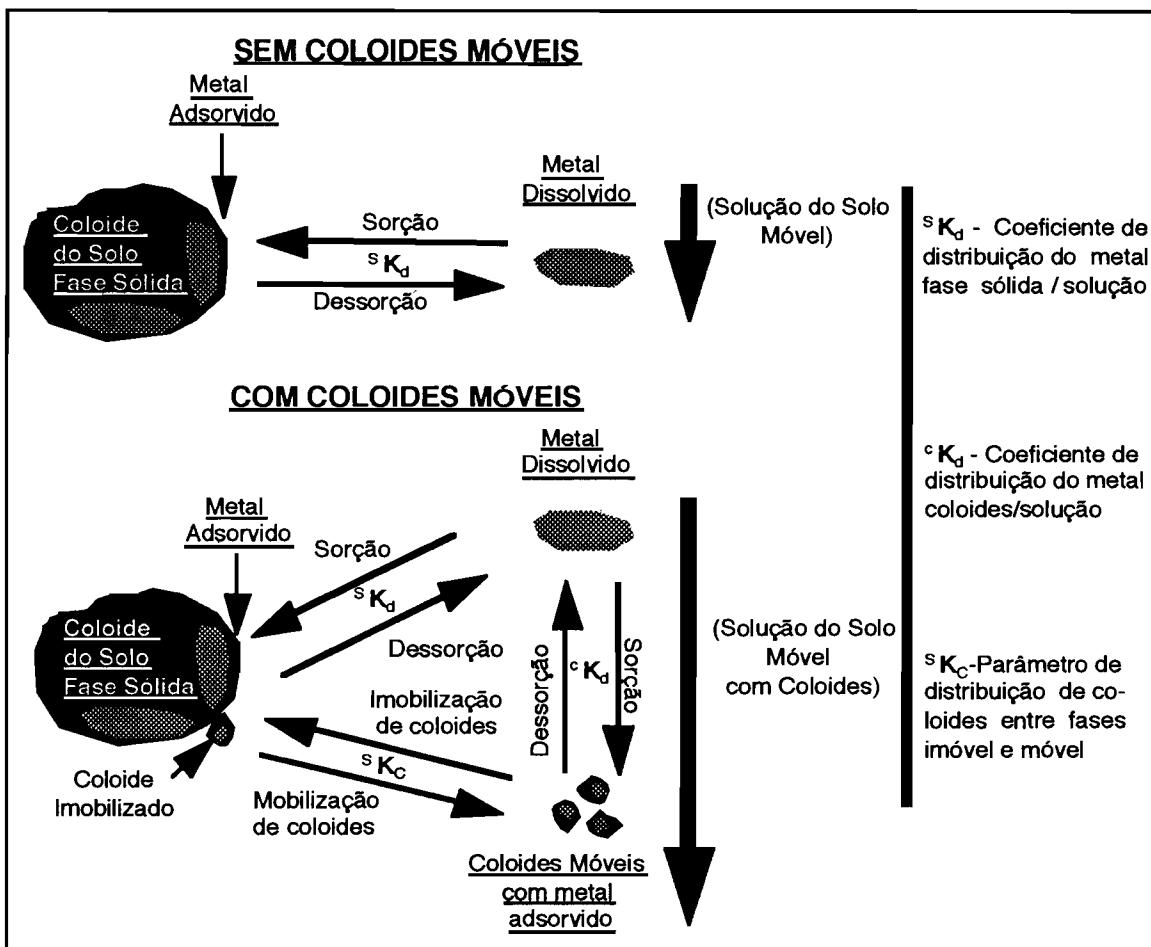


Figura 3.6 - Processos envolvidos na mobilização dos MP no solo
(adaptado de McGEE et al., 1991)

O Pb^{2+} e o Cu^{2+} estão geralmente ligados à fracção do DOC com elevado peso molecular, o que pode resultar na sua quase completa remoção da solução do solo por co-precipitação em horizontes B (subsuperficiais). Por outro lado, o Zn^{2+} e o Cd^{2+} , tendem a associar-se com o DOC de médio peso molecular, o que permite a sua translocação em profundidade (SCHULIN et al., 1992).

O cloreto é, provavelmente, em meios aquáticos naturais e poluídos, o complexante inorgânico mais eficiente para solubilizar MP. No entanto, são necessárias elevadas concentrações (tipicamente superiores a 0.01 M Cl^- , embora dependendo do metal). A remobilização na presença de cloreto é explicada pelo deslocamento da reacção de sorção

(dessorção) devido à presença de íões cloreto em solução, levando à formação de espécies aniónicas não adsorvidas (BOURG, 1995).

A solubilidade e, conseqüentemente a mobilidade, de metais ligados à fase sólida, pode ser aumentada por três processos que induzem modificações na especiação (em solução, à superfície ou na massa sólida): 1ª - diminuição do pH (dissolvendo e/ou favorecendo a dessorção de metais da fase sólida); 2ª - alteração das condições redox (induzindo potenciais redox moderados a elevados); e 3ª - aumentando a concentração de sais inorgânicos (promovendo a competição catiónica nas reacções heterogéneas e a competição aniónica na complexação dissolvida) e de agentes complexantes naturais ou sintéticos (BOURG, 1995).

DEL CASTILLO et al., 1997, verificaram que o Cu era fortemente ligado em complexos orgânicos de elevado peso molecular (EPM) e, em parte, em complexos dissolvidos de baixo peso molecular (BPM), estando a concentração de Cu em solução fortemente correlacionada com o DOC. Estes complexos têm diferentes estabilidades, dissociando-se parcialmente os complexos Cu-BPM, enquanto que os complexos Cu-EPM apresentam uma elevada constante de estabilidade (assumindo uma complexação 1:1, $K=10^{9.5}$). Uma das conclusões daquele estudo mostrou que a concentração de Cu na solução do solo é determinada pela complexação orgânica que, por sua vez, é afectada pela actividade do Ca e pelo pH.

RÖMKENS et al., 1997, observaram que a adição de Ca a extractos de DOC de solos, removia mais de 50% do DOC inicialmente presente. No entanto, o DOC removido consistia essencialmente em ácidos orgânicos de EPM, permanecendo em solução os compostos de BPM. Ao mesmo tempo, a concentração de Cu diminuía quase linearmente com a remoção do DOC, indicando que o Cu permanece essencialmente ligado às substâncias de EPM. No entanto, a constatação de que 50% do DOC permanecia em solução, mostrou que uma parte significativa do Cu é potencialmente altamente móvel, sendo susceptível de "transporte facilitado", pelo DOC.

Por sua vez, o aumento da força iónica da solução do solo favorece a lixiviação através de colunas de solo, sugerindo que a troca iónica e a complexação com ligandos inorgânicos pode influenciar significativamente a solubilidade dos metais (BOYLE e FULLER, 1987). CAVALLARO e McBRIDE, 1978, por sua vez, verificaram que o aumento do nível de Ca dissolvido reduzia significativamente a adsorção de Cd e Cu, possivelmente devido à competição pelas posições de troca entre o Ca e os metais.

A solubilidade dos metais também é afectada pelo pH devido não só à competição gerada pela adsorção de protões, como também devido a reacções de precipitação-dissolução e à, já referida, dependência do pH da complexação organo-metálica (SPOSITO, 1994 e 1984; McBRIDE, 1989; LINDSAY, 1979).

Existem diferenças características na mobilidade dos MP em solos contaminados, quando comparados com sistemas naturais (FÖRSTNER, 1988):

- os materiais aplicados ao solo são geralmente menos estáveis;
- as interações entre solução e fases sólidas tendem geralmente a formar associações mais lábeis em sistemas contaminados do que em sistemas naturais;
- devido a uma ligação mais fraca dos poluentes em sistemas contaminados, a remobilização por agentes químicos é mais eficiente.

Como resultado, as substâncias contaminantes podem tornar-se parcialmente mobilizadas no meio terrestre.

São vários os íões ou compostos e processos envolvidos na solubilização de elementos metálicos ou na sua remobilização da fase sólida. A complexação com íões Cl^- e NO_3^- , por exemplo, aumenta a mobilidade dos metais. No entanto, se a complexação por agentes inorgânicos tende a remobilizar os metais ou a mantê-los em solução, muitas dúvidas existem ainda sobre o comportamento de complexantes orgânicos (BOURG, 1988).

Os resultados experimentais relativamente a este aspecto são contraditórios e manifestamente insuficientes. Assim, em estudos realizados com sistemas solo/lamas, sobre a distribuição dos metais em profundidade, verificou-se que o movimento dos metais para profundidades inferiores à camada arável era relativamente fraco (DAVIS et al., 1988; GEBHARDT et al., 1988; McGRATH, 1987; WILLIAMS et al., 1987). No entanto, outros autores observaram um movimento de metais ao longo do perfil mais significativo. DARMODY et al., 1984, aplicando lamas ao solo, verificaram que as concentrações de zinco e cobre aumentavam até 75 cm de profundidade e que a maior parte do movimento ocorria no primeiro ano.

Em solos de textura grosseira foi também encontrada uma forte migração de metais em profundidade (ALLOWAY e JACKSON, 1991).

CAREY et.al., 1996, referem movimentos mínimos de MP ao longo do perfil do solo, sendo lixiviadas quantidades pouco significativas de MP. Os metais permanecem estreitamente ligados à matriz do solo, havendo translocação apenas em condições físicas e químicas extremas. No entanto, em solos ácidos ou alcalinos, em que a incorporação de MP seja elevada, e em que o perfil seja pouco espesso e com baixa capacidade de retenção, o potencial para a contaminação das águas subterrâneas com MP existe.

Assim, embora em muitos casos a maior parte dos metais aplicados ao solo tenda a permanecer no solo superficial, com uma marcada redução da concentração com a profundidade, a sua mobilidade é influenciada pelo tipo de solo, tipo de vegetação e tipo de clima, podendo verificar-se, em condições favoráveis, um potencial movimento descendente.

2.5. PRINCIPAIS FACTORES DE CONTROLO DA CAPACIDADE DO SOLO PARA RETER OU MOBILIZAR METAIS PESADOS

Os processos geoquímicos que controlam a retenção de metais pesados são a adsorção e a precipitação, enquanto que a complexação dissolvida influencia o transporte advectivo e dispersivo. Em todos estes processos, o pH e as condições redox, bem como, a força iónica e a presença de agentes complexantes naturais ou sintéticos, são as variáveis chave que controlam a libertação potencial dos poluentes armazenados para a fase aquosa e, portanto, a sua dispersão no ambiente e a sua biodisponibilidade (BOURG e LOCH, 1995; SALOMONS, 1995).

3.5.1. Efeito da Matéria Orgânica

A matéria orgânica do solo desempenha um papel importante na regulação do comportamento dos MP. Possui uma elevada capacidade de armazenamento para estes poluentes, estando concentrada na interface entre o solo e a atmosfera, bem como entre o solo e as plantas. Assim, está directamente exposta à deposição de poluentes atmosféricos bem como aos provenientes de práticas agrícolas.

Um elevado teor de matéria orgânica no solo corresponde, à partida, a uma elevada retenção de MP. No entanto, a matéria orgânica não tem um comportamento constante no que se refere à sua capacidade de reter/mobilizar MP, o que significa que modificações dos sistemas de uso do solo (por exemplo, conversão de terrenos aráveis em zonas de pastoreio, ou vice-versa) podem ter grandes implicações na sua capacidade de reter MP. Para além disso, uma redução no teor em matéria orgânica afecta a distribuição de MP no solo e solução do solo.

De facto, e tal como mostra a Figura 3.7, embora a matéria orgânica seja capaz de reter metais na fase sólida, os seus produtos de degradação são capazes de os mobilizar, promovendo o seu transporte (SALOMONS, 1995).

Por sua vez, a acidificação do solo, modificando o ciclo da matéria orgânica, reflecte-se num maior teor em compostos orgânicos dissolvidos (DOC), aumentando assim a sua lixiviação. A matéria orgânica dissolvida não afecta apenas a mobilização de metais mas também a sua biodisponibilidade. Considerando que a forma mais tóxica de um metal é a sua forma iónica, quando esta forma se associa a matéria em suspensão ou a ligandos dissolvidos, a sua toxicidade diminui (NOVOTNY, 1995).

O DOC resulta da degradação e reorganização de compostos orgânicos animais e vegetais, tendo grupos funcionais que podem constituir quelatos com metais, verificando-se que tanto os ácidos húmicos como os ácidos fúlvicos, podem formar complexos bastante estáveis em solução.

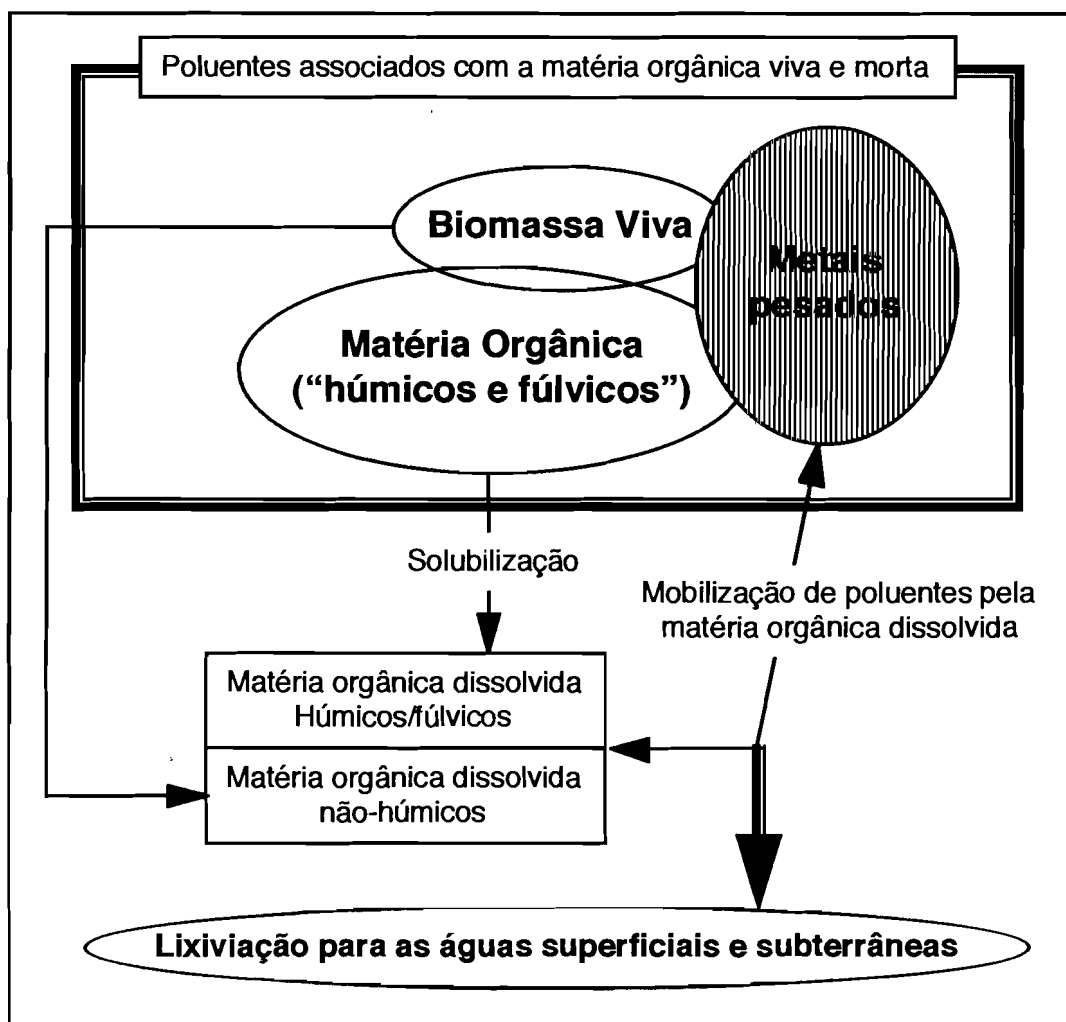


Figura 3.7 - Papel da matéria orgânica viva e morta na mobilização de MP
(adaptado de SALOMONS, 1995)

O Cu, devido às suas propriedades químicas, é um metal que se associa fortemente com a matéria orgânica. Quando o DOC aumenta, a concentração de Cu total dissolvido também aumenta em detrimento do Cu particulado. Este aumento é devido à formação de complexos organo-metálicos dissolvidos. No entanto, apesar de um aumento da concentração de Cu em solução, a toxicidade do ião cúprico diminui, devido à menor biodisponibilidade destes complexos (SALOMONS, 1995; BACCINI, 1984).

A mobilidade dos complexos Cu-DOC solúveis, aumenta relativamente às espécies iônicas livres, sendo importante conhecer os parâmetros do solo que controlam a concentração de DOC na solução.

Quelatanizantes orgânicos multidentados, naturais ou sintéticos são também poderosos geradores de complexos. Por exemplo, a concentração de DOC em águas residuais domésticas é um dos factores mais importantes envolvidos na solubilização e subsequente migração de metais pesados através do solo. Quanto maior o DOC, mais rápida a taxa de

migração. Na presença de compostos complexantes orgânicos sintéticos, tais como o EDTA ou NTA, o comportamento dos MP, relativamente à adsorção, pode ser fortemente modificado, devido à nova especiação metálica dissolvida que daí resulta (BOURG, 1995; LINDSAY, 1979).

A adsorção do carbono orgânico às partículas do solo é fortemente dependente do pH, aumentando para valores baixos de pH, uma vez que a redução do número de cargas negativas de superfície com a diminuição do pH resulta numa maior remoção de ligandos da solução. Por sua vez, cátions polivalentes como o Ca^{2+} e Al^{3+} , podem também promover a ligação do carbono orgânico à fase sólida do solo, diminuindo a sua concentração em solução. Estes cátions actuam como pontes de ligação entre os grupos funcionais dissociados do DOC e as superfícies minerais sólidas negativamente carregadas (nomeadamente partículas de argila e óxidos de Fe e Mn). Este processo de ligação por “ponte catiónica” depende também da afinidade do metal para formar complexos com o DOC. Se a carga positiva total do metal é compensada pelo DOC, não há cargas negativas disponíveis para actuar como ponte de ligação entre o ligando e a superfície. Este é o caso de metais como o Cu e o Pb, que formam complexos muito estáveis em solução (RÖMKENS 1998; RÖMKENS et al., 1996).

3.5.2. Efeito do pH

Um dos factores mais determinantes da capacidade e intensidade dos processos de mobilização de MP no solo é o pH, influenciando a sua solubilidade a longo-prazo (TACKETT et al., 1986).

De facto a adsorção de metais é fortemente dependente do pH, com uma variação não-linear (Figura 3.8), verificando-se aumentos desde praticamente zero até 100 % para variações de pH de 1 a 2 unidades (SALOMONS e FÖRSTNER, 1984). FÖRSTNER, 1988, refere que, geralmente, o abaixamento do pH de uma unidade aumenta, em cerca de 10 vezes, a solubilidade do metal.

Isto significa que uma pequena variação do pH provoca um significativo aumento ou diminuição na concentração de metal na solução do solo. Em larga medida, o pH depende do poder tampão do sistema. Se o poder tampão diminuir gradualmente, a partir de determinado limiar, os metais podem ser, subitamente, desorvidos do solo. Este limiar entre adsorção e desorção é característico de cada metal (SALOMONS, 1995).

As espécies catiónicas dos MP tendem a sofrer processos de desorção ou de dissolução de fases sólidas quando o pH desce. Quando o pH aumenta são adsorvidos ou precipitados, mas apenas até um determinado limite, a partir do qual são novamente solubilizados. No entanto, o elevado valor de pH para o qual a solubilidade dos MP aumenta, não se encontra, normalmente, em condições naturais.

O comportamento de espécies aniônicas é oposto ao das espécies catiónicas, tendendo a sofrer adsorção e/ou precipitação à medida que o pH diminui (BOURG e LOCH, 1995).

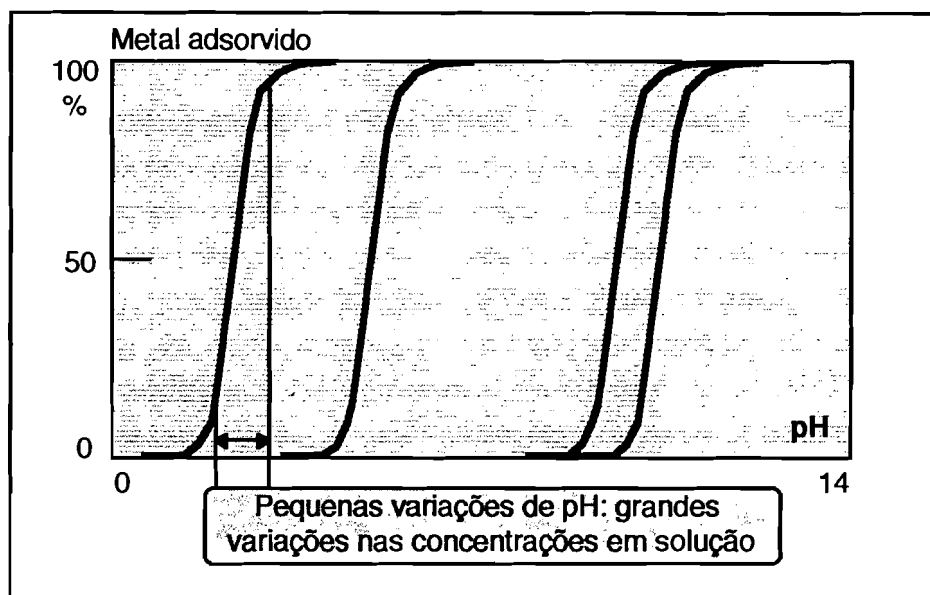


Figura 3.8 - Influência do pH na adsorção de MP na fase sólida (SALOMONS, 1995)

A solubilidade dos MP catiões, fortemente complexados à matéria orgânica dissolvida (tal como o Cu e Pb), assemelha-se à dos aniões, sendo controlada pela solubilidade da matéria orgânica. Dependendo da natureza do metal e das concentrações relativas de metal, matéria orgânica e sólidos adsorventes, a solubilidade das espécies metálicas catiónicas pode variar desde i) inteiramente controlada por interacção directa com uma superfície inorgânica (como catião), até ii) completamente sujeita ao modelo de sorção e solubilidade da matéria orgânica (como um anião) (BOURG e LOCH, 1995).

O efeito do pH na complexação metálica resulta de i) modificações na extensão da ionização de grupos carboxílicos, e ii) reacções de hidrólise envolvendo a formação de espécies monoméricas e polímeros dos iões metálicos (STEVENSON, 1994; CHEN e STEVENSON, 1986).

Assim, vários autores, trabalhando com sistemas solo/lamas referem que, na maior parte dos casos, a manipulação do pH do solo é o método mais eficiente e mais rápido para controlar a biodisponibilidade dos metais (ALLOWAY e JACKSON, 1991).

3.5.3. Efeito das Condições Redox

A disponibilidade de oxigénio (medida pelo potencial redox) no solo é outro dos factores determinantes da mobilidade dos metais pesados. As condições redox são, em grande parte, controladas pela decomposição bacteriana da matéria orgânica e por variações do nível freático (SALOMONS, 1995).

Os efeitos mais importantes da actividade microbiológica no comportamento dos MP no solo resultam da transformação degradativa da matéria orgânica e de reacções de oxirredução envolvendo sulfuretos e hidróxidos de Fe e Mn (BOURG, 1995).

A variação do potencial redox influencia a mobilidade dos metais de duas formas diferentes. Por um lado, tem uma acção directa através de modificações na valência de certos metais (ex: em condições redutoras o Fe^{3+} é transformado em Fe^{2+}), uma vez que os iões reduzidos têm maior mobilidade e, portanto, um aumento nas concentrações destes metais está associado a ambientes redutores. Por outro, as variações redox também afectam indirectamente os metais, podendo referir-se, como exemplo, que uma diminuição do potencial redox ao resultar, na eventual redução do enxofre pode provocar uma imobilização de metais por precipitação de sulfuretos metálicos, diminuindo assim a concentração dissolvida. Quando se verifica um aumento no potencial redox, os sulfuretos tornam-se instáveis, libertando o metal na solução. Esta modificação não é gradual mas sim muito rápida, constituindo um bom exemplo de uma resposta não-linear (SALOMONS, 1993).

Por sua vez, condições anaeróbias favorecem também a acumulação de ácidos alifáticos na solução do solo (ác. cítrico, ác. oxálico, ác. 2-cetoglucónico) que, sendo agentes fortemente complexantes, promovem a mobilidade dos metais (SCHULIN, 1992).

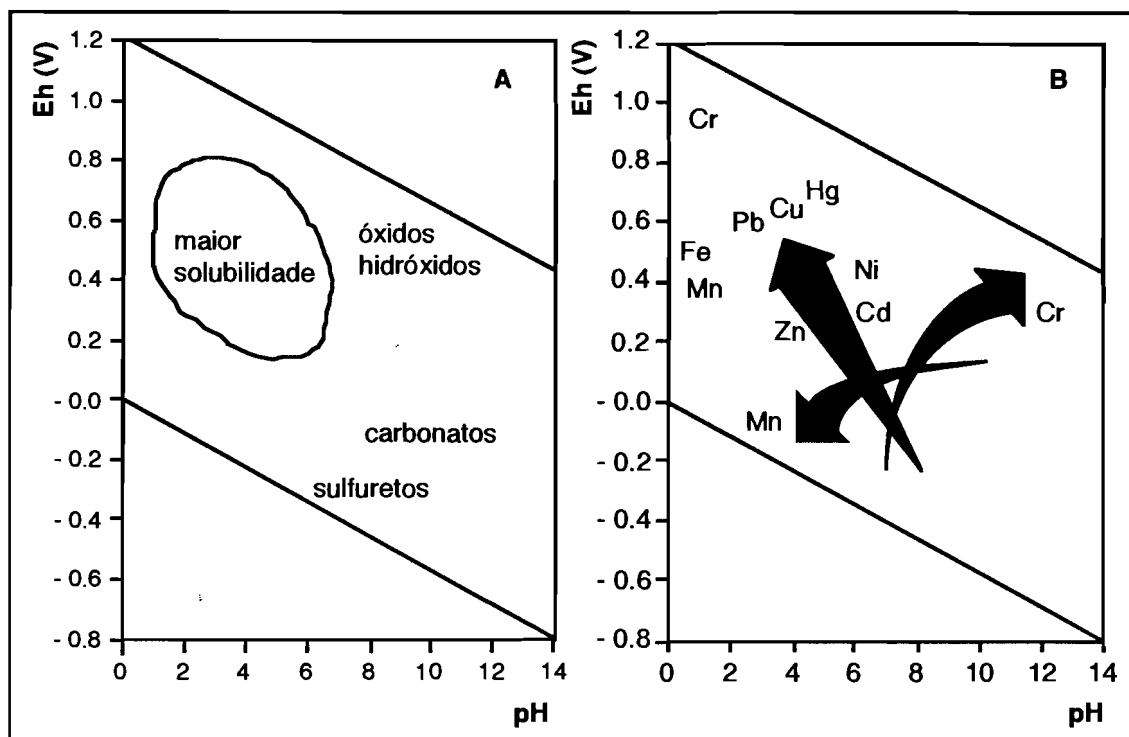
Processos semelhantes ocorrem quando os metais estão associados a compostos sujeitos às variações redox. É o caso dos metais associados ou adsorvidos a hidróxidos de Fe e Mn. Estas fases não são estáveis com a diminuição do potencial redox, sendo convertidos em sulfuretos ou carbonatos de ferro de acordo com as condições químicas. Quando esta situação ocorre os metais associados aos hidróxidos de Fe e Mn são mobilizados (SALOMONS, 1993).

A utilização do potencial redox, por si só, tem geralmente um valor restrito para uma interpretação precisa da química da água. No entanto, quando em conjunto com o pH, através dos chamados diagramas Eh-pH (ou pE-pH), dá uma ideia geral da potencial mobilidade dos MP como função de duas variáveis chave, pH e Eh, assumindo condições de equilíbrio e a ausência de interacções organo-metálicas significativas.

A Figura 3.9, resume a solubilidade dos MP como função do pH e Eh. Condições de pH baixo e potencial redox moderado a elevado, são as mais favoráveis para a solubilização da maior parte dos MP.

Em meio redutor, os MP são removidos da solução do solo como sulfuretos metálicos. Quando o ambiente é apenas ligeiramente redutor ou ligeiramente oxidante, e para valores de pH neutros a ácidos, a superfície reactiva dos hidróxidos de Fe e Mn é solubilizada, quando o Fe^{3+} e o Mn^{4+} são reduzidos a espécies solúveis. Nestas condições, quando o

pH é ligeiramente alcalino, o Fe e Mn podem precipitar como carbonatos. No entanto, estes minerais são menos adsorventes que os correspondentes óxidos e hidróxidos (BOURG, 1995).



3.6. MODIFICAÇÕES A LONGO-PRAZO

Os efeitos a longo-prazo dos processos de contaminação e deterioração do solo com MP, e o seu significado ambiental, não são ainda perfeitamente conhecidos nem previsíveis, uma vez que o comportamento de poluentes metálicos e o controlo da sua biodisponibilidade e tempo de residência no solo dependem de diferentes e variáveis condições do solo (KABATA-PENDIAS, 1995).

A avaliação e classificação da contaminação do solo com metais, bem como a utilização de sistemas correctos de uso do solo, são de vital importância. Apesar do conhecimento de vários sistemas de monitorização e de classificação, a extensão e a importância da contaminação ambiental com metais pesados não é ainda conhecida. Práticas como a incorporação de lamas e efluentes ricos em metais, entre outras, merecem particular atenção, tanto no momento actual como no futuro.

Qualquer mudança observada relativamente à biodisponibilidade a longo-prazo dos metais pesados, pode ser devida a uma combinação de vários factores, incluindo modificações do pH do solo, proporção de matéria orgânica solúvel e insolúvel, especiação dos metais, reactividade dos minerais do solo, bem como factores que afectam a taxa de crescimento das plantas como os nutrientes e as propriedades físicas do solo (ALLOWAY e JACKSON, 1991).

Tal como anteriormente mencionado, as principais características (variáveis) do solo envolvidas no teor e especiação dos MP são: pH, Eh, teor em matéria orgânica, teor de hidróxidos de Fe e Mn, teor e tipo de minerais de argila, teor de carbonatos (como tampão relativamente a modificações de pH), presença de agentes complexantes, tais como a matéria orgânica dissolvida (DOC) e aniões inorgânicos.

Estes parâmetros que controlam a capacidade do solo reter ou mobilizar poluentes metálicos estão representados esquematicamente no círculo interior da Figura 3.10, e podem ser considerados como variáveis de estado da capacidade de armazenamento do solo (SALOMONS, 1995).

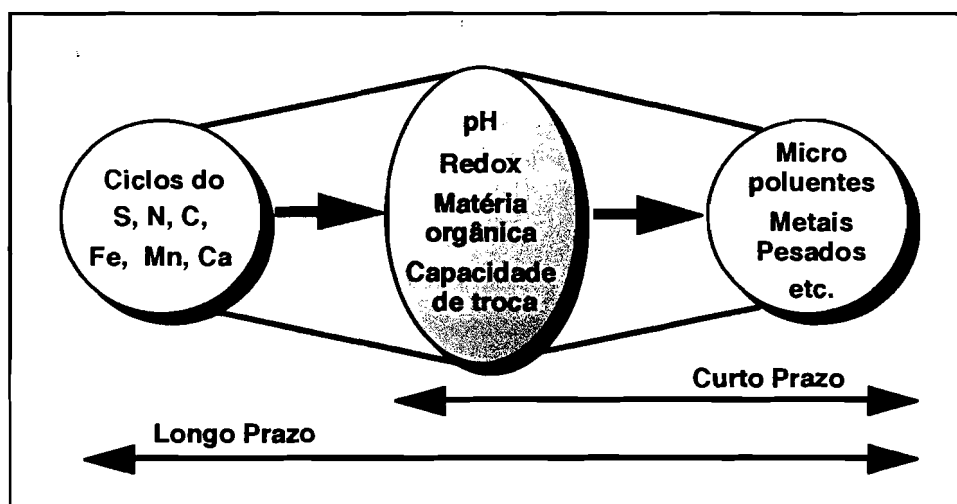


Figura 3.10 - Ligação entre os parâmetros controladores da capacidade de armazenamento de poluentes no solo e os ciclos dos principais elementos (adaptado de SALOMONS, 1995).

Para uma avaliação de risco a curto-prazo (5 a 10 anos), é suficiente compreender como aquelas variáveis controlam a mobilidade e, portanto, a lixiviação e a biodisponibilidade.

No entanto, quando a capacidade do solo para reter poluentes se modifica, ou quando as principais variáveis que controlam as interações entre o solo e a solução do solo se alteram, os efeitos só se manifestam a longo-prazo e são iniciados por modificações nos ciclos dos principais elementos. O efeito destas modificações na concentração de poluentes na solução do solo é não-linear, nomeadamente para os metais pesados, podendo causar fortes aumentos em períodos de tempo curtos, numa resposta súbita a determinadas condições de *stress* ambiental (CTB).

A avaliação do papel potencial da retenção de MP pela matéria orgânica do solo, numa perspectiva de longo-prazo, tem particular relevância. De facto, de acordo com SCHULIN et al., 1992, e tal como anteriormente referido, a MO do solo não tem um comportamento constante no que se refere à retenção ou libertação de MP no ambiente, devido a:

- elevada capacidade de armazenamento de MP,
- exposição directa às emissões/deposições atmosféricas e antropogénicas,
- elevada sensibilidade da complexação organo-metálica a variações de pH,
- posição central nos ciclos terrestres dos principais nutrientes
- estreita ligação entre a dinâmica da SOM e as variações ambientais

A MO é, pois, o principal “compartimento” de armazenamento dos MP introduzidos, nomeadamente, por actividades antropogénicas, e a sua dinâmica apresenta uma elevada sensibilidade relativamente a factores-chave como o pH e o potencial redox, factores estes que manifestam uma resposta rápida a variações das condições ambientais.

Alguns autores observaram que as concentrações de metais extractáveis diminuíam ao longo do tempo, podendo prever-se uma diminuição da sua biodisponibilidade. No entanto, outros autores, referem que os elementos metálicos aplicados permanecem com uma disponibilidade sensivelmente constante (SCHULIN et al., 1995; KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1992).

Contudo, a análise dos potenciais impactes ambientais graves, como por exemplo, a acidificação do solo devido a deposições atmosféricas ácidas, ou a modificações de uso do solo, desencadeia um sem número de efeitos e interacções cuja consequência global é actualmente desconhecida, destacando-se as seguintes consequências previsíveis (RÖMKENS e SALOMONS, 1998; RÖMKENS et al., 1998 e 1997; SCHULIN et al., 1992):

- degradação do solo em vastas áreas da Europa, durante as próximas décadas,
- diminuição do pH, que
 - deslocará o equilíbrio químico no sentido de aumentar a concentração de metais livres,
 - deslocará nutrientes cationes básicos (Ca, Mg, K, etc.) de posições de troca iónica para a solução do solo onde sofrem lixiviação,
 - provocará a aceleração da meteorização mineral
 - afectará negativamente a actividade biológica (não só pelo efeito directo do pH como também, pela ausência de nutrientes e aumento da toxicidade metálica)

Assim, e no âmbito do conceito anteriormente explicitado relativo a CTB (*Chemical Time Bomb*), o seu efeito será tamponizado no solo, retardando os seus impactes ambientais, designadamente no Biota.

Constata-se, portanto, que os estudos a curto-prazo reproduzem apenas uma fracção muito pequena do tempo de residência dos metais no solo, e que a complexidade do tema e as incertezas do conhecimento actual induzem a considerações que podem ser extremamente especulativas. No entanto, estas são necessárias para demonstrar a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre o comportamento dos factores e mecanismos dominantes, numa perspectiva de longo-prazo, bem como de modelos para o desenvolvimento de cenários mais rigorosos.

3.7. MODELAÇÃO DO COMPORTAMENTO GEOQUÍMICO DOS METAIS PESADOS

Devido à crescente complexidade dos problemas ambientais, tem-se verificado um grande desenvolvimento e aplicação de modelos geoquímicos, uma vez que estes contribuem para uma avaliação da qualidade ambiental.

A modelação química no sistema solo permite obter informação sobre a distribuição de elementos (ex: espécies metálicas), com o objectivo de determinar, no espaço e no tempo, as quantidades de determinados poluentes associados a uma fase sólida, aquosa e/ou gasosa. Assim, a modelação geoquímica é, actualmente, uma ferramenta extremamente valiosa na previsão de efeitos em condições variáveis. No entanto, a qualidade de um modelo depende da qualidade das constantes de equilíbrio utilizadas (ou parâmetros usados em submodelos cinéticos) bem como da possibilidade e fidelidade da representação de um sistema dinâmico através de uma descrição de equilíbrio (DUDLEY et al., 1987).

A modelação dos sistemas terrestres está ainda longe das suas potencialidades devido à carência de bases de dados experimentais para a correspondente validação. Apenas nos últimos anos tem sido possível ultrapassar os problemas técnicos associados com a amostragem e análise de elementos que se encontram em concentrações muito baixas (ppb ou sub-ppb) (SALOMONS e FÖRSTNER, 1984).

Quando usados correctamente e consideradas as suas limitações, os modelos permitem determinar a importância das vias de transferência de poluentes nos ecossistemas terrestres. Esta é uma das razões do grande desenvolvimento e utilização de modelos na última década.

Uma vez que as fontes de contaminação são geralmente soluções com vários componentes, a necessidade de modelos capazes de simular processos de interação química parece evidente. No entanto, a modelação do sistema solo/águas subterrâneas é extremamente complexa. Uma avaliação da dinâmica de compostos inorgânicos no solo e águas subterrâneas necessita de uma consideração detalhada dos processos físicos, químicos e biológicos e reacções envolvidas, para determinar a concentração de metais livres na solução do solo, dado que aqueles processos podem afectar características como: solubilidade das espécies, biodisponibilidade, transporte físico e potencial corrosivo (BONAZOUNTAS, 1987).

Uma das categorias de modelos utilizados tem por objectivo descrever as complexas interacções envolvidas e prever a distribuição de espécies inorgânicas na água do solo. Estes modelos são chamados modelos de equilíbrio ou de especiação, baseados em princípios de equilíbrio químico⁸ e da cinética dos processos, em que a descrição das espécies químicas presentes no sistema é calculada utilizando constantes de estabilidade para a formação de complexos metálicos, juntamente com equações de balanço de massa (McGRATH et al., 1984).

A especiação na fase aquosa depende essencialmente da concentração total dos vários metais e dos ligandos orgânicos e inorgânicos, bem como do potencial redox. Qualquer modelo de previsão da acumulação e mobilidade dos metais pesados, deve considerar as diversas categorias de interacções, para além de transferências de massa entre a solução e as fases sólidas (MATTIGOD et al., 1985). Assim, estes modelos têm em conta processos como: reacções redox, adsorção, complexação e outras, uma vez que estes estão relacionadas com a especiação de equilíbrio.

A remobilização e transporte de metais pesados dentro de sistemas solo-águas subterrâneas estão sujeitos a um grande número de processos, podendo distinguir-se processos lentos e processos em equilíbrio (quase). A degradação lenta da matéria orgânica e o fluxo lento das águas subterrâneas com uma composição não em equilíbrio, são as forças motrizes na diagénese dos sistemas solo-águas subterrâneas. Parâmetros macroquímicos como o pH, alcalinidade e teor em cálcio, por um lado, e a presença de hidróxidos de Fe (III) e calcite, por outro lado, afectam os processos que determinam a partição dos metais pesados entre fases líquida e sólida. Os processos relevantes são a adsorção, dessorção, precipitação, dissolução, processos redox e processos de complexação. Considerando escalas a longo-prazo, é possível, em muitos casos, uma abordagem de equilíbrio.

⁸ Estes modelos têm como pressuposto, à partida, a existência de equilíbrio químico. Este pressuposto é perfeitamente razoável e aceitável, na medida em que se sabe que a maior parte das reacções de complexação são muito rápidas, estabelecendo o equilíbrio entre metais livres, ligandos livres e seus complexos na solução do solo (MATTIGOD et al., 1981).

No diagrama da Figura 3.11 mostra-se o modo como os vários constituintes do solo interactuam. A solução do solo é afectada por todas as reacções esquematizadas naquela Figura, mas a sua composição é sobretudo afectada pelas fases minerais do solo. Muitas vezes as taxas de dissolução e precipitação dos minerais do solo são tão lentas que o verdadeiro equilíbrio não é de facto atingido. Assim, há que considerar factores cinéticos e termodinâmicos, bem como os gradientes dos processos, convectivo e difusivo, quando estão envolvidos processos de transporte (LINDSAY, 1979).

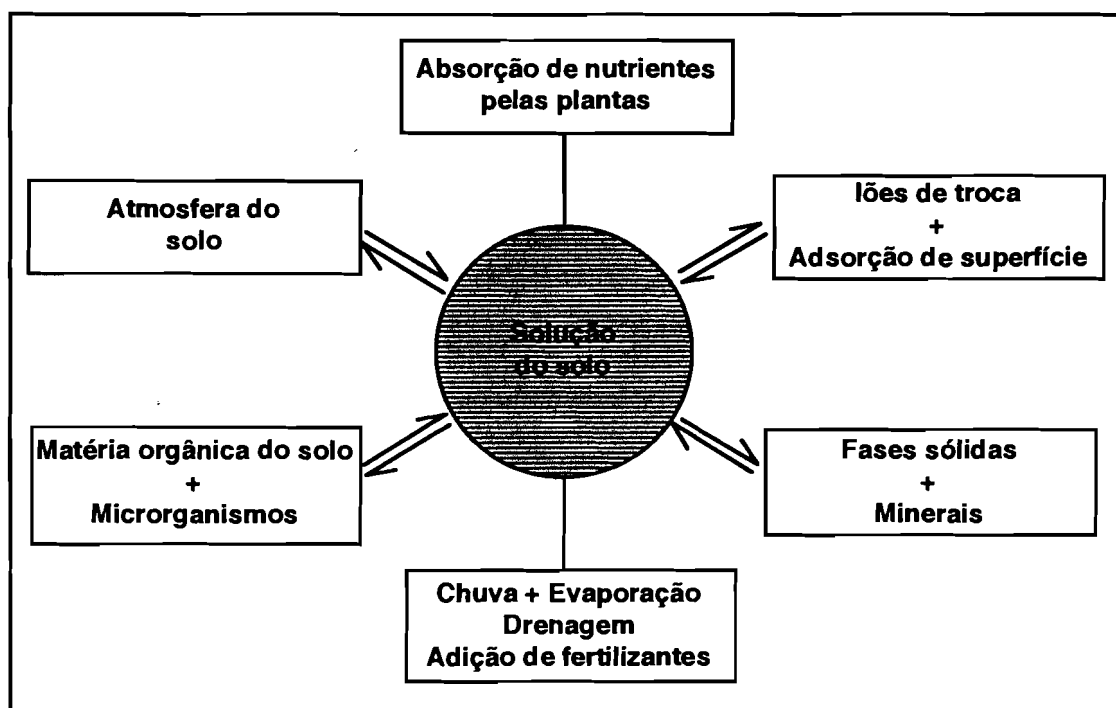


Figura 3.11 - Equilíbrio dinâmico em sistemas solo (LINDSAY, 1979)

A concentração de metais pesados em ambientes oxidantes é determinada por uma complexa interacção entre adsorção e complexação. Argilas, hidróxidos e matéria orgânica contribuem para a capacidade de adsorção pelas partículas do solo, geralmente expressa por capacidade de troca catiónica (CTC). No entanto, a adsorção de metais pesados no solo é também afectada por parâmetros como o pH e força iónica, bem como pelas concentrações de catiões (Ca, K, etc.) e ligandos complexantes na solução. Num ambiente oxidante, a adsorção é o processo dominante, controlando a concentração dissolvida da maior parte dos metais. Geralmente não se formam precipitados metálicos (excepto para o Cr), e as concentrações de metal dissolvido são, portanto, proporcionais à concentração adsorvida na matéria sólida.

Por sua vez, a degradação da matéria orgânica pode levar a um ambiente de redução. Nestas condições, parte dos metais pesados pode precipitar como sulfuretos metálicos. A dominância da precipitação implica que a concentração de metal dissolvido é limitada pelo

produto de solubilidade do composto e pela presença de ligandos complexantes. A concentração dissolvida é reduzida e relativamente constante, sendo independente da concentração na fase sólida.

Em condições oxidantes, a frente de poluição nas águas subterrâneas é retardada relativamente ao fluxo da água, devido à adsorção. Em condições de redução o retardamento é limitado, uma vez que a concentração de metal está em equilíbrio com o precipitado.

Os modelos baseados na especiação química dos metais, quando acoplados com modelos hidrodinâmicos, constituem ferramentas valiosas na análise das vias de transferência no sistema solo/águas subterrâneas, sendo cada vez mais usados no apoio à decisão em estudos relacionados, por exemplo, com a aplicação de lamas e efluentes em terrenos agrícolas. São baseados em reacções e princípios de termodinâmica química, uma área de investigação que tem sido bastante desenvolvida nos últimos anos (BONAZOUNTAS, 1987).

Exemplos concretos destes modelos são o CHARON, ORPHEUS, desenvolvidos pela Deft Hydraulics, e aplicados ao cálculo do transporte de poluentes em sistemas solo-águas subterrâneas, mostrando que a previsão do transporte a longo-prazo, de poluentes acumulados em solos submetidos a aplicações sucessivas de lamas, é útil para a avaliação da (SMITS e ROOIJ, 1995):

- concentração de metais pesados e micropoluentes orgânicos em aquíferos
- via de transferência, tempo de residência e eventual destino destes poluentes

Modelos deste tipo possibilitam a simulação e previsão do comportamento e transporte de poluentes em ecossistemas terrestres (ou aquáticos), quer numa perspectiva de curto-prazo, quer numa perspectiva de longo-prazo, permitindo uma avaliação de riscos ambientais, bem como contribuindo para a definição de prioridades relativamente à descontaminação de solos ou à adequação de locais a utilizar para deposição final de resíduos.

ALGUMAS NOÇÕES RELEVANTES SOBRE O EQUILÍBRIO QUÍMICO

A influência do equilíbrio químico e/ou cinética nas reacções químicas, determina a abundância, distribuição e comportamento de substâncias no ambiente. Assim, um conhecimento dos conceitos básicos do equilíbrio e cinética químicos, pode ajudar na interpretação e previsão da concentração de espécies inorgânicas e orgânicas em sistemas aquosos.

O equilíbrio de uma reacção é atingido quando a reacção directa equilibra a reacção inversa. Algumas reacções do solo ocorrem a taxas suficientemente rápidas para permitir que relações de equilíbrio sejam imediatamente atingidas. Outras reacções procedem a taxas de tal modo lentas que o equilíbrio provavelmente nunca é atingido. Apesar disto, as relações de equilíbrio são úteis na previsão da probabilidade de ocorrerem modificações químicas, constituindo uma situação de referência relativamente à determinação das reacções que têm lugar, independentemente da taxa a que ocorrem.

O equilíbrio da reacção $aA + bB = cC + dD$, [1], pode ser expresso pela constante de formação $K_f = C^c \cdot D^d / A^a \cdot B^b$. Quando a reacção [1] ocorre no sentido inverso, a constante de equilíbrio é a constante de dissociação $K_d = A^a \cdot B^b / C^c \cdot D^d$. Portanto, ambas as constantes, de formação e de dissociação, são recíprocas.

Quando as constantes são expressas em concentrações, o seu valor depende da força iónica, o que restringe ou limita a sua aplicação. Assim, as constantes de equilíbrio têm particular significado quando expressas em termos de actividades, uma vez que podem ser calculadas a partir de dados termodinâmicos, sendo consideradas como constantes verdadeiras qualquer que seja a força iónica da solução. A sua desvantagem consiste na dificuldade ou, por vezes, impossibilidade da sua determinação. Apenas em soluções infinitamente diluídas se podem considerar as actividades iguais às concentrações. A razão entre a actividade de um ião (a_i) e a sua concentração (c_i) é expressa pelo coeficiente de actividade γ_i , em que $\gamma_i = a_i/c_i$. Em soluções infinitamente diluídas, $a_i=c_i$ e $\gamma_i=1$. Quando a força iónica aumenta a actividade diminui, devido a interacções com iões de carga contrária.

As equações de DEBYE-HÜCKEL, permitem estimar os coeficientes de actividade com base em leis electrostáticas e termodinâmicas, Assim $\log \gamma_i = AZ_i^2 \mu^{1/2}$, onde $A=0.509$ para a água a 25°C, Z_i a valência do ião e μ a força iónica ($\mu = \frac{1}{2} \sum c_i Z_i^2$).

• Considerações sobre a termodinâmica do equilíbrio

Se uma reacção prosseguir até que a energia livre (G) do sistema atinja um mínimo, então o sistema está em equilíbrio. A variação da energia livre standard (ΔG°) é a soma das energias livres da formação dos produtos da reacção menos o somatório das energias livres dos reagentes. A variação da energia livre standard de uma reacção está relacionada com a constante de equilíbrio dessa reacção ($\Delta G^\circ = -RT \ln K^\circ$) em que K° é a constante de actividade de equilíbrio. Sendo que $\Delta G^\circ = -1.364 \log K^\circ$, significa que $\log K^\circ = -\Delta G^\circ / 1.364$. Esta equação pode ser extremamente útil porque permite calcular as constantes de equilíbrio a partir de dados termodinâmicos, para reacções que geralmente são de difícil medida pelos métodos convencionais.

(Extraído de LANGMUIR, 1997; SPOSITO, 1994 e 1981; LINDSAY, 1979 e NOVOZAMSKY et al., 1978)

Capítulo 4

PLANO EXPERIMENTAL

Procurou-se que os objectivos deste trabalho fizessem parte de um estudo integrado e consistente, tal como se procura mostrar com o diagrama da Figura 4.1.

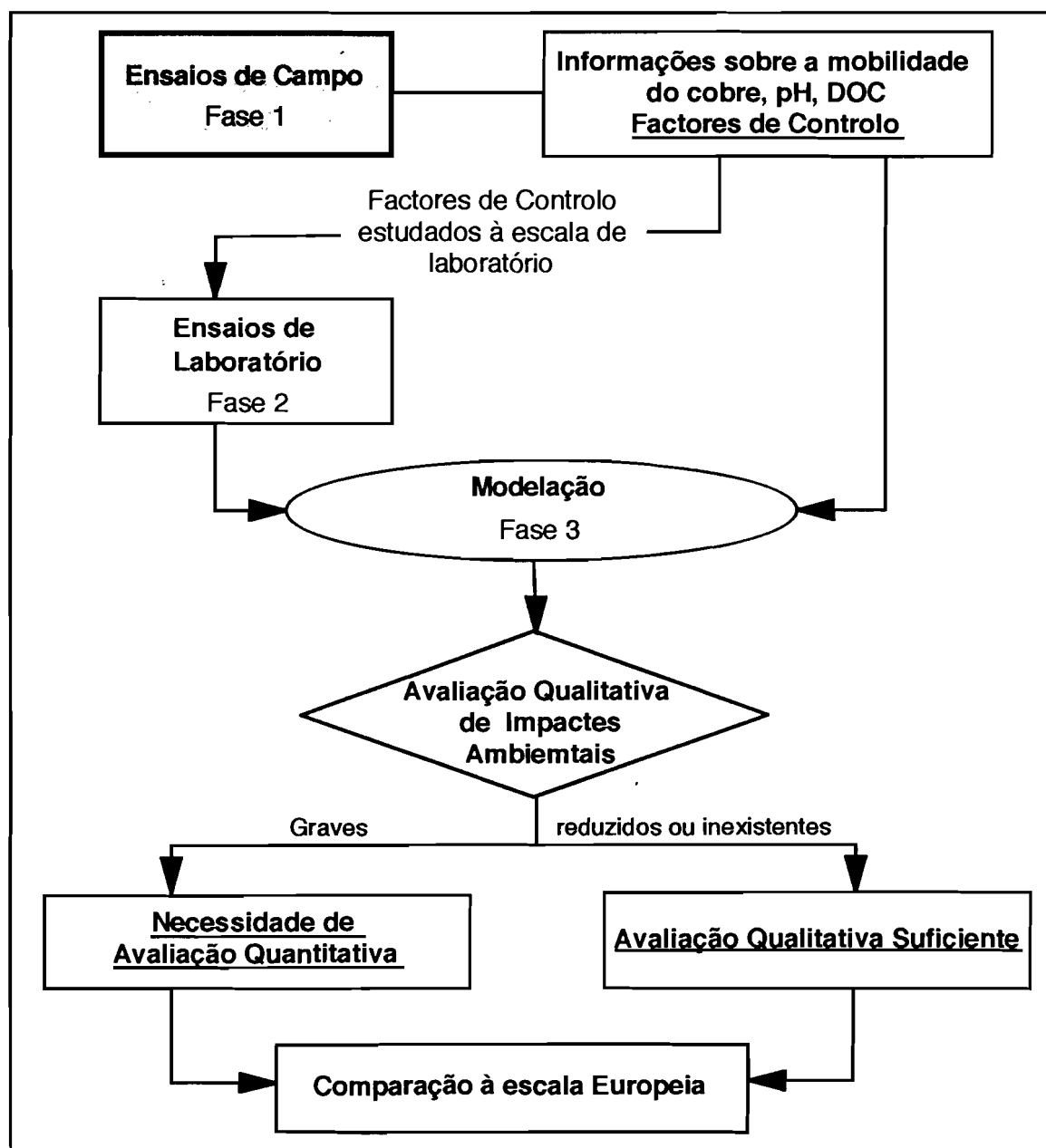


Figura 4.1 - Diagrama relativo ao estudo integrado do comportamento do Cobre no solo.

Com este fim, foi delineado um Plano Experimental com base em três fases: 1) ensaios de campo; 2) ensaios laboratoriais e 3) modelação. O Quadro 4.1 refere os ensaios considerados em cada uma das fases, relacionando-os com os respectivos objectivos.

Quadro 4.1 - Plano Experimental

FASES	OBJECTIVOS
1. <u>Ensaio de Campo</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Estudar a acumulação/distribuição do cobre em solos arenosos submetidos à aplicação de efluentes de suinicultura; • Avaliar as modificações introduzidas por estes materiais nas condições de equilíbrio químico e sua inter-relação com a eventual mobilização;
2. <u>Ensaio Laboratorial</u> <ul style="list-style-type: none"> • Isotérmicas de adsorção • Especificação do cobre no solo • Determinação da capacidade de complexação do DOC 	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar a influência dos constituintes minerais e orgânicos do solo na retenção do cobre e na sua remobilização (através de processos de adsorção e/ou de complexação); • Avaliar a eventual existência de “transporte facilitado” do cobre, nomeadamente, por reacções de complexação com o carbono orgânico dissolvido (DOC);
3. <u>Modelação</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Modelação da especificação do cobre na solução do solo, utilizando a sub-rotina EXPERT do programa matemático CHARON. • Simular o comportamento do sistema em estudo numa perspectiva de longo-prazo (50 anos), recorrendo à adaptação do modelo matemático SEKTRAS.

Da Figura 4.1 e do Quadro 4.1, ressalta que a parte central e mais relevante deste trabalho são os ensaios de campo. A aplicação de efluentes de suinicultura introduz no sistema solo, alterações muito significativas nas condições de equilíbrio químico, não só através da introdução de cobre, como também através da introdução e modificação das condições de

pH e DOC, entre outras, que, como anteriormente referido, constituem variáveis de estado para a imobilização/mobilização do cobre ao longo do perfil.

Para permitir aprofundar a interpretação dos resultados destes ensaios, o Plano Experimental inclui a realização de ensaios complementares em laboratório. Adicionalmente, com a fase de modelação, pretende-se vir a obter não apenas uma avaliação qualitativa de riscos ambientais, como também a sua avaliação quantitativa, numa perspectiva de longo-prazo.

Assim, o Plano Experimental procura satisfazer os objectivos do trabalho, propondo uma interpretação qualificada de resultados obtidos em condições naturais, centrada no comportamento do cobre em solos arenosos submetidos a aplicações intensivas de efluentes de suinicultura.

Capítulo 5

MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. ENSAIOS DE CAMPO

O estudo do solo no próprio local, através da realização de ensaios de campo, é feito essencialmente a uma escala macroscópica, estando sujeito a condicionalismos importantes tais como a aleatoriedade das condições climáticas, e a heterogeneidade espacial do sistema solo/águas subterrâneas.

De facto, por muito exigente que seja o esquema de amostragens adoptado, e por muito extenso que seja o programa de monitorização analítica estabelecido, existem sempre factores como, por exemplo, alterações do regime hídrico e a actividade microbológica que, induzindo respostas não-lineares, modificam ou distorcem os resultados obtidos, dificultando, portanto, a sua interpretação, relativamente ao que acontece em ensaios laboratoriais.

No entanto, os ensaios de campo têm a vantagem inquestionável de se aproximarem razoavelmente de situações reais, constituindo aquilo que vulgarmente se designa por “casos de estudo”. Assim, face aos objectivos deste trabalho, considerou-se imprescindível recorrer a ensaios de campo, de modo a obter informação concordante, dentro do possível, com práticas comuns de sistemas de uso (agrícola) da terra.

5.1.1. Selecção do Local

A região escolhida foi o Concelho de Santiago do Cacém (Figura 5.1), Distrito de Setúbal, com base nos seguintes factores:

- i) as explorações de suinicultura têm algum significado a nível nacional, estando registadas, neste Concelho 119 unidades, com cerca de 41000 porcos (GASPAR et al. 1984).
- ii) existem já problemas ambientais graves, associados à falta de sistemas de tratamento das águas residuais provenientes destas explorações, com impactes negativos nomeadamente na Lagoa de Santo André.

O local de implantação dos ensaios foi a Herdade da Cova do Gato, em solos de areia, situados numa zona baixa próxima de uma linha de água temporária.

Nesta herdade as águas residuais provenientes da suinicultura não são submetidas a qualquer tratamento, sendo acumuladas numa fossa localizada na mesma zona de areias onde foi instalado o ensaio.

A aplicação do efluente ao solo é realizada tanto com objectivos de fertirrigação, como em função da capacidade da fossa.

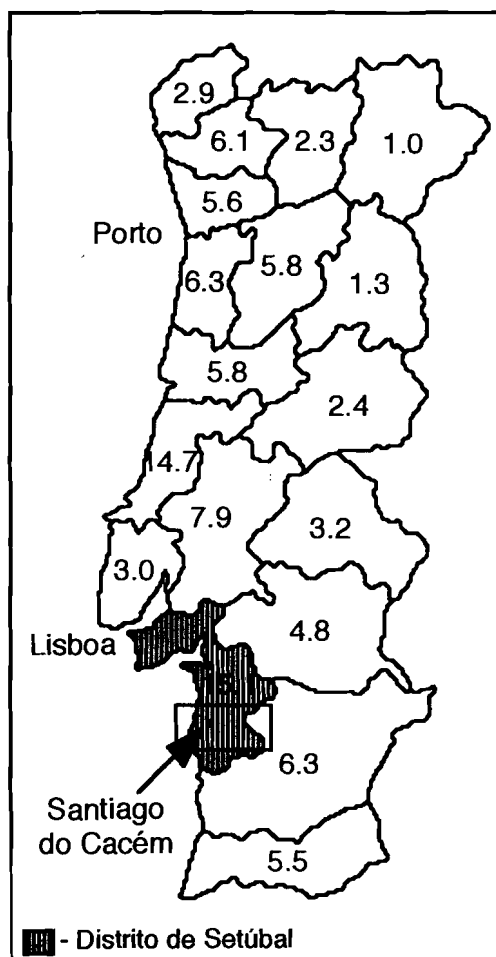


Figura 5.1 - Localização do ensaio, Concelho de Santiago do Cacém, Distrito de Setúbal.
Distribuição por distrito das suiniculturas (%), a nível nacional (GASPAR et al., 1984)

5.1.2. Classificação e Caracterização do Solo

5.1.2.1. Classificação do Solo

O tipo de solo seleccionado (Figura 5.2) corresponde, na mais recente revisão da Classificação de Solos da FAO/UNESCO (Soil Map of the World, 1:5 000 000), (F.A.O., 1988), ao Grupo dos **Podzols (Pz)**, definidos como "Solos que apresentam um horizonte espódico subjacente a um horizonte álbico, úmbrico ou ócrico."

A nível de Família, este solo é incluído dentro dos **Haplic Podzols (Pzh)**, isto é, "Podzois que possuem um horizonte B espódico o qual, em todos os seus sub-horizontes, possui uma razão de ferro livre, em relação ao carbono, inferior a 6, mas que contém ferro livre em quantidade suficiente para se tornar mais vermelho quando submetido ao calor de uma chama; possuem um horizonte E álbito contínuo que tem uma espessura superior a 2 cm, ou uma separação distinta, dentro do horizonte B espódico, de um sub-horizonte que é visivelmente mais enriquecido em carbono orgânico, ou ambos; não tem propriedades gleicas dentro dos 100 cm superficiais; não têm um horizonte permanentemente gelado dentro dos 200 cm superficiais." (SPAARGAREN, 1994; FONSECA e MARADO, 1991).



Figura 5.2 - Solo subsuperficial (50-100 cm)

Dentro dos Haplic Podzols, esta unidade-solo deve ser classificada, ao nível da Série, como **Arenic Haplic Podzols**, definidos como "Podzois háplicos pouco evoluídos, isto é, com um horizonte E pouco diferenciado, misturando-se, por vezes, com o horizonte B espódico, o qual nunca se apresenta endurecido formando surraipa." (FONSECA e MARADO, 1991).

Tomando como base a Carta de Solos de Portugal (1:1.000.000), (CARDOSO et al., 1973), contribuição portuguesa para a Carta de Solos da Europa (1:1.000.000), para ser posteriormente integrada na Carta de Solos do Mundo - FAO/UNESCO (1:5.000.000), onde as unidades taxonómicas consideradas se situam "em regra" ao nível do Grande Grupo, mas descem em alguns casos ao nível do Subgrupo, a unidade-solo seleccionada para este trabalho situa-se numa zona de "Pódzois órticos, associados a Regossolos êutricos".

No entanto, o estudo morfológico *in loco*, associado ao estudo laboratorial (Quadro 5.1), mostra que a coincidência nas classificações não é completa, considerando-se a primeira classificação referida como mais segura (**Arenic Haplic Podzols**) e substancialmente diferente da mencionada na Carta de Solos de Portugal (1:1000000), uma vez que a pouca distinção na diferenciação de horizontes não permite, seguramente, a sua classificação

como Podzol háplico típico. O mesmo acontece com a tentativa de integração em Regossolos êutricos. Este facto é ainda reforçado, neste caso, pelos dados laboratoriais. Sem deixar de ter na devida conta a Classificação Portuguesa de Solos, com base no trabalho de CARDOSO, 1965, não parece indispensável nem mesmo oportuna, a tentativa da sua utilização para a classificação da unidade-solo em estudo, uma vez que o

perfil que a representa se situa numa extensa mancha de complexos de solos, com litologia bastante variada.

5.1.2.2. Caracterização Física e Química do Solo

Para a caracterização do solo, foram colhidas amostras, até à profundidade de 100 cm. As amostras foram retiradas manualmente recorrendo à utilização de uma sonda de meia cana, em aço inox, com 3 cm de \varnothing interno (ELE International).

Foram considerados, 30 pontos de amostragem, com uma distribuição aleatória. As profundidades das camadas consideradas foram as seguintes: 0-5; 5-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50; 50-60; 60-70; 70-80; 80-90; 90-100 cm, num total de 11 camadas.

Cada conjunto de 30 amostras correspondente à mesma profundidade foi devidamente misturado e homogeneizado, constituindo-se portanto, 11 amostras globais, consideradas como representativas da área e perfil do solo em estudo.

De cada amostra homogeneizada foi retirada uma sub-amostra para análise laboratorial das características físicas, químicas e mineralógicas do perfil do solo.

A metodologia e procedimentos analíticos utilizados nestas determinações serão referidos em 5.3.2..

A análise dos resultados obtidos, apresentados no Quadro 5.1, permite estabelecer as seguintes considerações:

- Trata-se de solos de textura grosseira, em que as suas propriedades físicas e químicas são determinadas pela fracção areia. Caracterizados por uma elevada permeabilidade, estes solos permitem uma lixiviação intensa que acentua a sua pobreza do ponto de vista químico. No entanto, a elevada percentagem de areia fina, face à escassez de elementos estruturantes (argilas, matéria orgânica), é responsável por uma certa compactação do solo, nomeadamente no estado seco, podendo retardar a infiltração da água em profundidade, no estado húmido.
- A pobreza em colóides, orgânicos e minerais, determina uma baixa capacidade de troca catiónica (CTC), fraco poder tampão e baixa capacidade de retenção de água. De acordo com as condições de acidez do solo, os colóides orgânicos são provavelmente dominados pela presença de ácidos fúlvicos, enquanto que, no que se refere aos minerais de argila, predomina largamente a caulinite.
- As características anteriormente mencionadas, nomeadamente a baixa CTC e o fraco poder tampão, aliados a uma boa permeabilidade destes solos, determinam uma elevada sensibilidade a modificações ambientais, quer sazonais, quer a nível de sistemas de uso, com implicações importantes no que se refere à mobilidade e biodisponibilidade de elementos (poluentes ou não) e, consequentemente, à sua transferência para a cadeia alimentar e águas subterrâneas.

Quadro 5.1 - Caracterização Física, Química e Mineralógica do Solo

Parâmetros	Profundidade (cm)										
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Areia Grossa (2-0.2 mm) %	65.3	67.0	61.1	61.3	66.7	62.8	59.5	64.9	70.3	62.2	65.5
Areia Fina (0.2-0.02 mm) %	29.3	27.4	32.0	30.7	26.9	29.5	33.9	27.7	21.3	30.2	27.5
Limo (0.02-0.002 mm) %	1.9	1.9	1.7	2.9	0.7	2.7	2.6	2.5	2.5	2.3	2.1
Argila (<0.002 mm) %	3.5	3.7	5.2	5.1	5.7	5.0	4.0	4.9	5.9	5.3	5.4
Textura	Aren.	Aren.	Aren.	Aren.	Aren.	Aren.	Aren.	Aren.	Aren.	Aren.	Aren.
Matéria Orgânica %	0.9	0.7	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	< 0.1	< 0.1
Teor em água 1/3 bar %	4.3	4.4	4.7	4.9	4.5	4.4	4.4	4.4	5.3	5.4	5.0
Teor em água 15 bar %	1.7	1.6	1.9	2.0	1.8	1.7	1.5	1.7	1.9	1.7	1.8
Capacidade de saturação %	24.6	25.2	23.9	26.9	23.5	25.9	27.6	25.1	22.9	22.2	21.5
Porosidade Total %	37.9	38.6	37.0	41.3	36.5	41.6	42.8	39.8	36.0	39.5	35.7
Densidade real	2.5	2.5	2.5	2.6	2.4	2.7	2.7	2.6	2.5	2.6	2.5
Densidade aparente	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Condutividade dS.m ⁻¹ (25°C)	0.23	0.18	0.14	0.10	0.10	0.09	0.09	0.10	0.13	0.20	0.20
Carbonatos (CaCO ₃) %	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe ₂ O ₃ livres %	0.04	0.04	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05	0.03	0.04	0.04	0.03
Al ₂ O ₃ livres %	0.05	0.06	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.03	0.03	0.04	0.03
pH H ₂ O (1:2.5)	5.5	5.7	5.6	5.9	5.8	5.9	6.3	5.9	5.8	5.7	5.8
pH (KCl) (1:2.5)	4.2	4.3	4.4	4.5	4.5	4.6	4.8	4.6	4.5	4.5	4.6
Ca ²⁺ de troca cmol (+) Kg ⁻¹	0.51	0.40	0.23	0.25	0.23	0.21	0.42	0.27	0.21	0.17	0.25
Mg ²⁺ de troca cmol (+) Kg ⁻¹	0.10	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.10	0.12	0.11	0.12
K ⁺ de troca cmol (+) Kg ⁻¹	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
Na ⁺ de troca cmol (+) Kg ⁻¹	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
(H ⁺) + (Al ³⁺) troca cmol (+) Kg ⁻¹	1.74	1.79	1.76	1.59	1.25	0.98	0.81	0.59	0.61	0.56	0.56
S cmol (+) Kg ⁻¹	0.73	0.55	0.38	0.38	0.36	0.34	0.58	0.46	0.42	0.37	0.46
T cmol (+) Kg ⁻¹	2.47	2.34	2.14	1.97	1.61	1.32	1.39	1.05	1.03	0.93	1.02
V %	29.6	23.5	17.8	19.3	22.4	25.8	41.7	43.8	40.8	39.8	45.1
Al ³⁺ cmol (+) Kg ⁻¹	0.12	0.24	0.33	0.29	0.23	0.12	0.07	0.07	0.08	0.07	0.08
Carbono orgânico total %	0.53	0.39	0.25	0.21	0.14	0.12	0.09	0.06	0.06	0.02	0.02
Cloretos	vest.	vest.	m.b.	vest.	vest.	vest.	m.b.	m.b.	vest.	m.b.	m.b.
Sulfatos	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não
Fe ₂ O ₃ Total %	0.40	0.45	0.49	0.46	0.52	0.43	0.45	0.43	0.42	0.37	0.40
Al ₂ O ₃ Total %	1.74	1.98	2.31	2.38	2.70	2.55	2.36	2.70	2.89	2.57	2.95
MnO ₂ Total %	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Mineralogia das Argilas	Todas as amostras apresentam largo predomínio de Caulinite (> 90%), acompanhada de baixas quantidades de vermiculite (< 5%)										

5.1.3. Caracterização Climática¹

Na Figura 5.3 encontra-se registada a precipitação mensal, ocorrida durante os anos de 1993 e de 1994 (correspondentes ao período experimental), bem como os valores médios mensais (Estação Meteorológica de Monte-Chãos, Concelho de Santiago do Cacém), que respeitando a um período de 30 anos, têm significado estatístico, para este parâmetro climático.

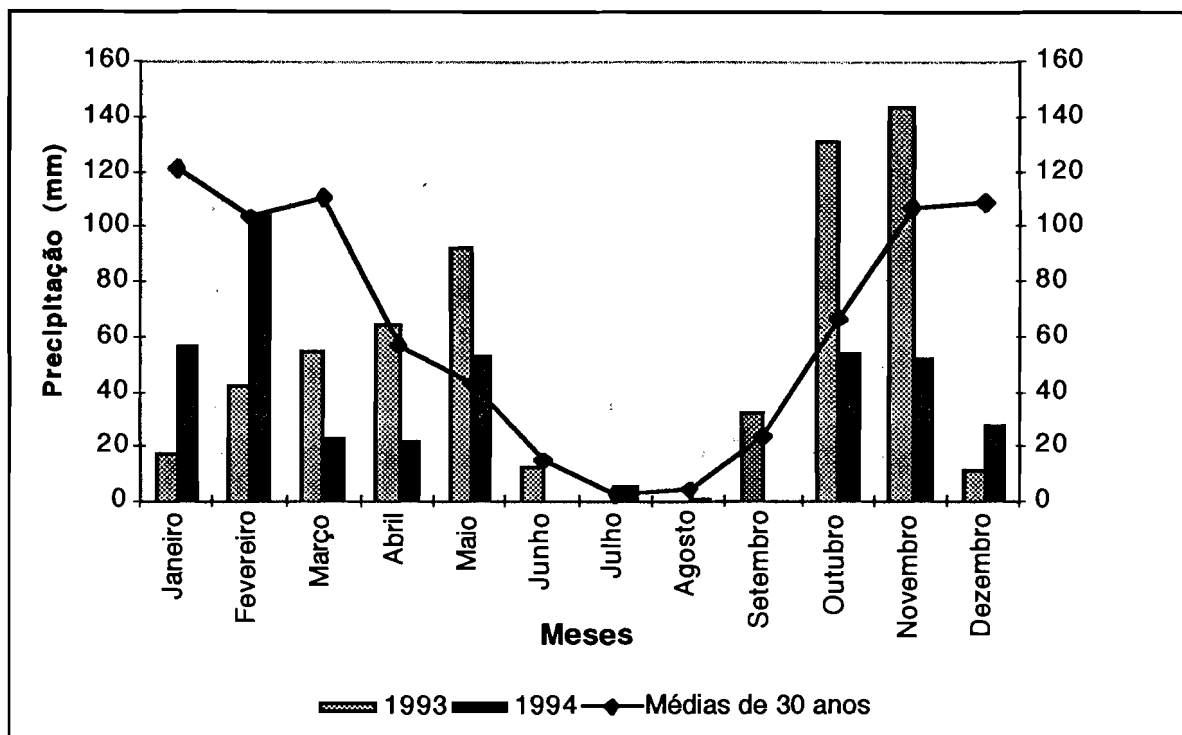


Figura 5.3 - Distribuição mensal da precipitação durante o período experimental. Comparação com a distribuição média correspondente a um período de 30 anos. (Dados fornecidos, pelo Instituto Nacional de Meteorologia)

Uma análise comparativa entre os valores reais de precipitação, a que o ensaio de campo esteve submetido, e os valores estatísticos, revela de imediato a enorme variabilidade da sua distribuição anual. É esta variabilidade que determina a necessidade de basear casos de estudo em valores reais.

De acordo com estes valores, verifica-se que, durante o período experimental, os invernos foram particularmente secos, dificultando muitas vezes a colheita de amostras. Assim, para além do já esperado período seco estival, ocorreram, em ambos os anos, invernos secos,

¹ Os valores diários da temperatura e precipitação ocorrida durante o período experimental, bem como os valores médios correspondentes a um período de 30 anos, estão apresentados nos Anexos A1 e A2, respectivamente.

obrigando a adições suplementares de água, de modo a permitir a execução do programa de monitorização previamente delineado e referido em 5.1.6.

A Figura 5.4 mostra o balanço hídrico sequencial mensal, obtido de acordo com o método racional de Thornthwaite e Matter (método usado pelo Instituto Nacional de Meteorologia). Os valores usados para este efeito são valores climáticos, correspondentes a um período de observação de 30 anos, da estação de Monte-Chãos, Concelho de Santiago do Cacém (Anexo A3). De acordo com a fórmula climática obtida ($C_2B'_2S_2a'$), pode classificar-se o clima da região como “Sub-húmido chuvoso, megatérmico, com grande deficiência de água no verão e pequena concentração da eficiência térmica na estação quente”.

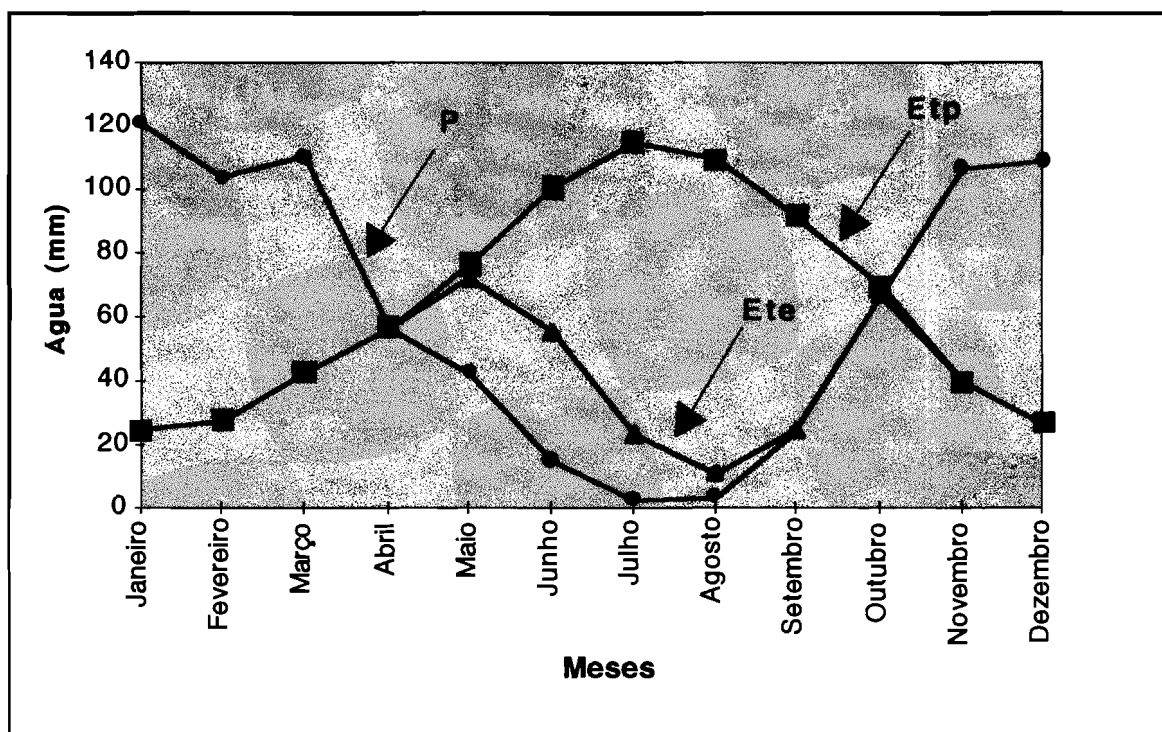


Figura 5.4 - Balanço hídrico sequencial mensal.

5.1.4. Implantação dos Ensaio

O esquema de implantação do “ensaio” está indicado na Figura 5.5. O ensaio de campo instalado constou de três talhões experimentais, com uma área de 150 m² cada (10 x 15 m). Procurou-se que os três talhões fossem homogêneos, nomeadamente no que se refere ao tipo de solo, declive e sistema de uso. A cada talhão foi atribuído o seguinte tratamento:

- Talhão I - Controlo
- Talhão II - Uma aplicação anual de 13 L/m² de efluente (cerca de 130 m³/ha)
- Talhão III - Uma aplicação anual de 26 L/m² de efluente (cerca de 260 m³/ha)

O ensaio foi mantido durante 511 dias (entre Julho de 1993 e Dezembro de 1994), e os talhões II e III foram submetidos a duas aplicações de efluente, com cerca de 11 meses de intervalo, (17.07.93 e 22.04.94), nas taxas acima mencionadas (de acordo com o esquema apresentado na Figura 5.5 e Figura 5.6).

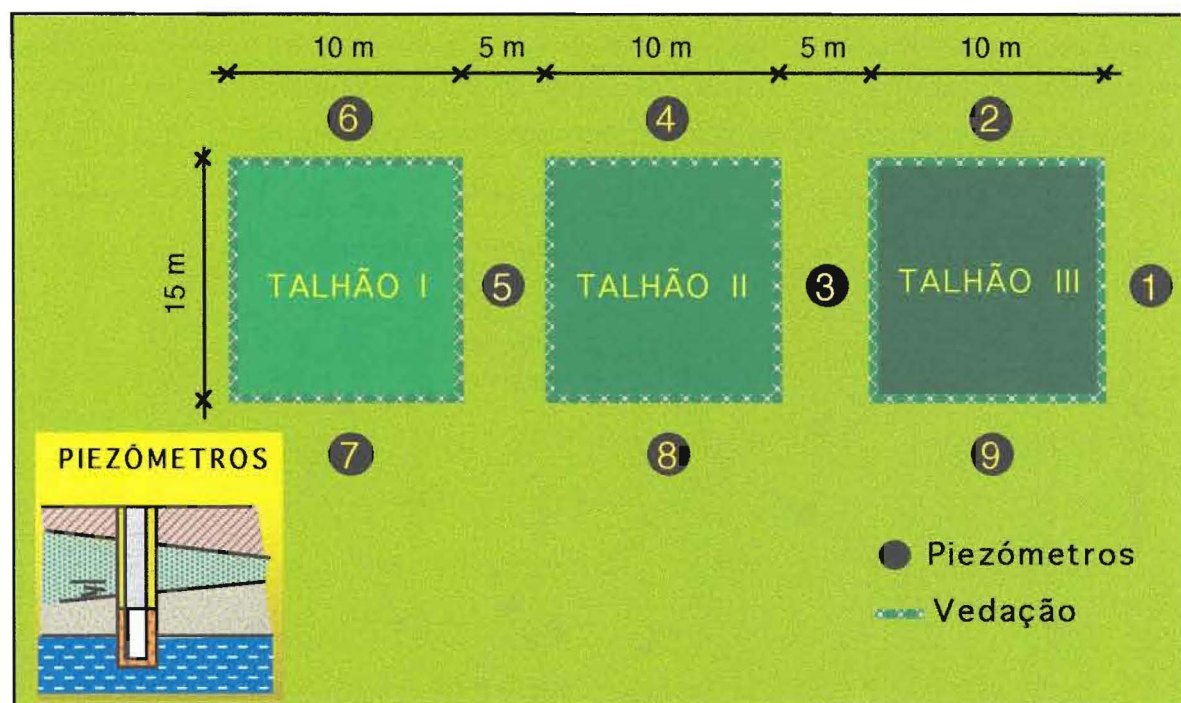


Figura 5.5 - Esquema da implantação dos talhões experimentais

O efluente a aplicar foi retirado da fossa para uma cisterna (JOPER), com a capacidade de 4 m³. A cisterna foi previamente lavada e o efluente agitado recorrendo ao rotor do tractor. A uniformidade da aplicação do efluente foi garantida recorrendo a um regador² com uma capacidade de 13 L e a uma estrutura quadrangular de madeira, com 1 m² de área interna (Fotografia. 5.7).

O delineamento experimental não considerava a influência do coberto vegetal na remoção de nutrientes. Assim, o crescimento vegetal foi controlado e suprimido recorrendo à aplicação de herbicida (de acordo com a natureza da flora infestante). Utilizou-se um herbicida sistémico, ROUNDUP (solução aquosa de glifosato, 360 g/L), numa taxa de aplicação de 6 L de calda (500 mL produto:18 L água), em cada talhão.

² Utilizaram-se regadores de plástico de modo a evitar possíveis contaminações metálicas.



Figura 5.6- Implantação dos talhões experimentais

5.1.5. Caracterização do Efluente



Figura 5.7 - Procedimento de aplicação do efluente.

A colheita de efluente para análise foi efectuada retirando sub-amostras sucessivas após cada enchimento dos regadores. O volume total obtido, após homogeneização da amostra, foi reduzido a 2L.

As análises foram realizadas no efluente bruto e na sua fracção solúvel, obtida por filtração a $0.45\ \mu\text{m}$ de porosidade. O interesse desta separação, deve-se a que a fracção solúvel, pelas suas características, pode ser considerada como a mais activa e de efeito imediato, nas condições de equilíbrio químico da solução do solo.

A caracterização química do efluente aplicado, tanto do efluente bruto, como do efluente filtrado ($0.45\ \mu\text{m}$), encontra-se apresentada no Anexo A4. Os procedimentos analíticos utilizados

para esta caracterização encontram-se referidos em 5.3.4..

5.1.6. Monitorização e Colheita de Amostras

Durante o período experimental os talhões foram monitorizados através da colheita periódica de amostras de solo.

Tal como referido anteriormente, as amostras foram colhidas até à profundidade de 100 cm, recorrendo a uma sonda manual, de meia cana, em aço inox, com 3 cm de \varnothing interno (ELE International). Em cada talhão foram considerados 30 pontos de amostragem, com uma distribuição aleatória. As profundidades das camadas consideradas foram as seguintes: 0-5; 5-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50; 50-60; 60-70; 70-80; 80-90; 90-100 cm, num total de 11 camadas por talhão.

Cada conjunto de 30 amostras correspondente à mesma profundidade foi devidamente misturado e homogeneizado, sendo constituídas 11 amostras mistas, consideradas como representativas da área e perfis de cada talhão em estudo.

O calendário de colheita de amostras de solo foi estabelecido de modo a permitir o maior controlo possível das variações das condições ambientais. Assim, o esquema seguido foi o seguinte:

- A 1ª amostragem foi colhida no dia zero, dia anterior à aplicação do efluente. Esta amostragem teve por finalidade caracterizar as condições de partida (características de base) do ensaio;
- Durante o mês que se seguiu à aplicação do efluente, foi considerada uma periodicidade de amostragem semanal (8 a 10 dias) de modo a acompanhar a resposta resultante da aplicação do efluente. Durante esta fase, as amostras foram colhidas apenas até 20 cm de profundidade (0 - 5; 5 - 10 e 10 - 20 cm), considerando-se que é nesta camada que se induzem as modificações com maiores repercussões na mobilidade do Cu;
- Durante o período que se seguiu, a periodicidade foi de cerca de seis semanas, até nova aplicação de efluente. Nesta fase procedeu-se à monitorização da estabilização do sistema em estudo, para uma nova situação de equilíbrio. A profundidade de colheita das amostras variou entre 50 e 100 cm, em função das condições de humidade do terreno;
- O esquema seguido após a segunda aplicação do efluente foi semelhante ao referido anteriormente, à excepção da profundidade de amostragem considerada durante o mês que se segue à segunda aplicação do efluente. De facto, após análise dos resultados correspondentes à primeira aplicação, verificou-se o interesse de controlar as variações de equilíbrio até uma maior profundidade. Assim, neste segundo período do ensaio, a profundidade considerada foi de 50 cm ou mesmo de 100 cm sempre que as condições de humidade o permitiram (ver esquema apresentado na Figura 5.8).

De acordo com o esquema considerado, foram realizadas 16 amostragens, ao longo do período experimental (Figura 5.8). As amostragens 1 a 9, referem-se à primeira aplicação de efluente, sendo as restantes, 9 a 16, referentes à segunda aplicação.

O ensaio terminou em Dezembro de 1994, não tendo sido prolongado até perfazer os dois anos de período experimental. Tal facto deve-se a que o Inverno e Primavera decorreram extremamente secos e a falta de humidade do solo tornando necessário o recurso à rega, de modo a viabilizar a colheita de amostras. No entanto tendo em conta que:

- i) o volume de dados já existentes era suficiente para cobrir variações, quer sazonais quer experimentais;
- ii) a situação dos ensaios em Dezembro de 1994 (data da última amostragem), poder-se-ia considerar, praticamente, como estabilizada;

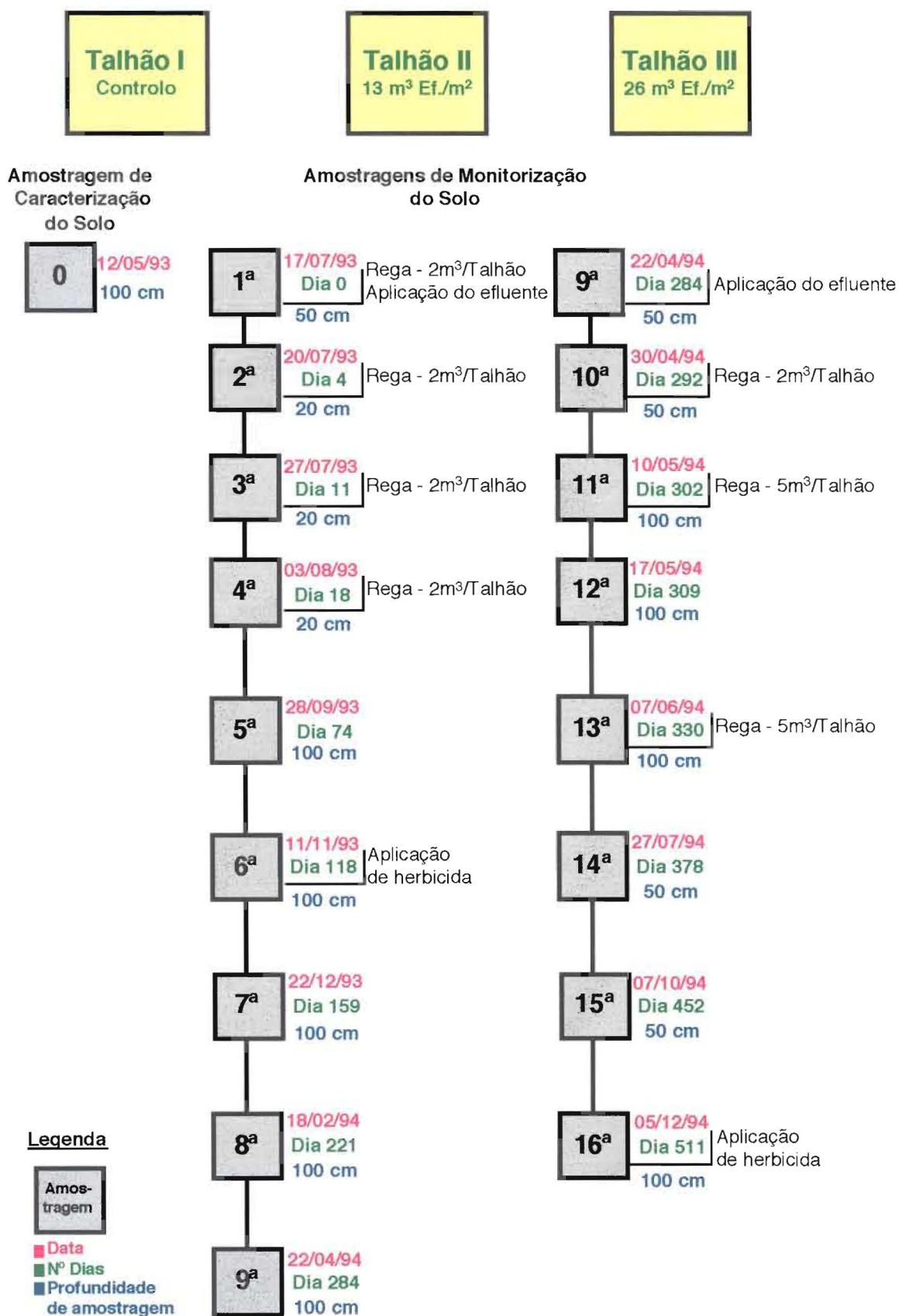


Figura 5.8 - Esquema de amostragem e monitorização dos talhões experimentais.

- i) a água de rega (proveniente de uma pequena lagoa existente na Herdade da Cova do Gato), apresentava, devido à seca prolongada, uma qualidade imprópria para este efeito, e a sua utilização implicaria a introdução de efeitos e interações laterais indesejáveis, uma vez que estranhas ao sistema em estudo;

foi considerado como desnecessário e mesmo desaconselhável prolongar o período experimental.

5.1.7. Regas

Tal como anteriormente referido, o facto de o solo em estudo ser um solo arenoso inviabilizava a colheita de amostras durante os períodos secos. Para ultrapassar esta limitação, e considerando que o recurso ao regadio é uma prática corrente, nomeadamente nas zonas do País com uma influência mediterrânica mais marcada, optou-se por recorrer à adição de água, sempre que o programa de monitorização em conjunto com a situação hídrica do solo o justificavam.

A água utilizada com este fim era proveniente de uma pequena lagoa existente na própria Herdade da Cova do Gato. Esta lagoa é alimentada pelas águas da chuva e escoamento proveniente de uma bacia em que o coberto vegetal é natural e espontâneo, sob montado de sobro, não estando assim submetida a sistemas de uso agrícolas ou pecuários.

A quantidade de água a adicionar em cada rega foi calculada com base no conhecimento do valor da capacidade de campo (Quadro 5.1) e em função da profundidade da amostragem. A irrigação era feita no dia anterior ao da colheita de amostras de solo, de modo a permitir um certo tempo de equilíbrio entre o solo e a água aplicada.

As datas em que houve necessidade de recorrer à rega, bem como as respectivas dotações estão referidas no esquema representado na Figura 5.8.

5.1.8. Tratamento das Amostras de Solo

No laboratório, cada amostra de solo, foi devidamente seca ao ar (ao abrigo da incidência de luz solar directa), e homogeneizada, sendo posteriormente crivada através de um crivo de PVC e nylon, com 2 mm de malha.

Depois deste tratamento prévio, as amostras foram guardadas em sacos de plástico correctamente identificados e guardadas numa câmara frigorífica (Cassel) a 4°C, para posterior extracção da solução do solo.

5.1.9. Extracção da Solução do Solo

A solução do solo foi extraída preparando extractos de saturação, de acordo com o método referido por RHOADES, 1982.

Assim, foram pesados cerca de 400 g de solo seco ao ar e crivado (P_0), utilizando-se para o efeito caixas de plástico com tampa, previamente descontaminadas (procedimento referido em 5.3.1.. Em seguida foi adicionada água destilada até se considerar estar atingida a saturação (Quadro 5.1), em que o solo forma uma pasta com a água, sem que esta se acumule à superfície. Após mistura do solo com a água, a amostra foi novamente pesada (P_1) e posteriormente deixada em repouso durante 16 horas. A diferença de peso ($P_1 - P_0$) traduz a quantidade de água adicionada.

Depois do período de equilíbrio, o solo foi introduzido em tubos de centrífuga de polipropileno (PP) especialmente concebidos para este efeito (Figura 5.9)³, e submetidos a centrifugação (centrífuga refrigerada Kubota 5800) a 3500x g, durante 20 minutos e a 25°C.

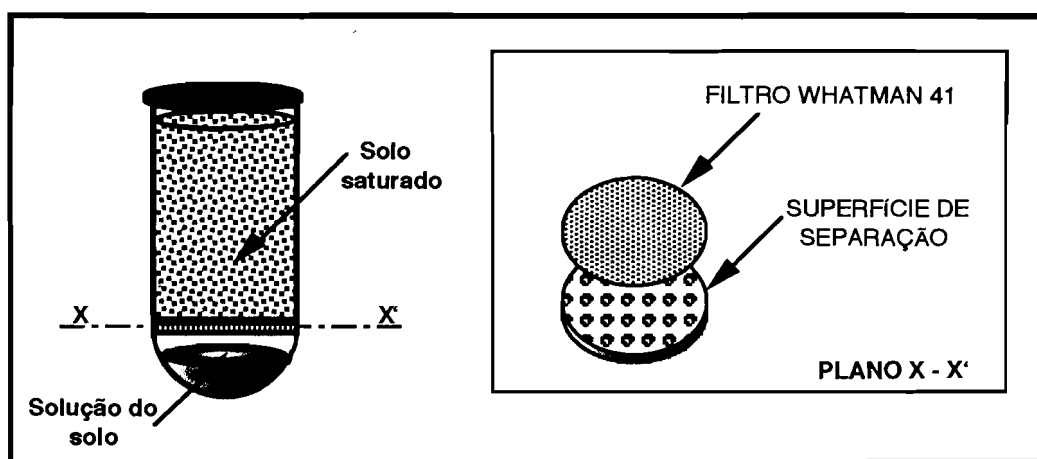


Figura 5.9 - Tubos de centrífuga para extração da solução do solo

Os filtros usados nos tubos de centrífuga foram de papel, Whatman 41.

Procedimentos semelhantes de extração da solução do solo são referidos por DEL CASTILLO, 1997; HESTERBERG et al., 1994; DEL CASTILLO et al., 1993a, 1993b; HESTERBERG e DEL CASTILLO, 1991).

O tempo de centrifugação foi estabelecido após ensaios prévios, verificando-se que para aquele tipo de solo, tempos superiores a 20 minutos não se traduziram em acréscimos significativos na solução extraída (da ordem das décimas do mL).

Após a centrifugação, a solução do solo extraída foi filtrada através de um filtro de membrana de nitrato de celulose (HA, Millipore) com uma porosidade de 0.45 μ m, utilizando para o efeito discos Swinnex 47 (Millipore) e seringas em PP de 20 mL (Millipore). O volume de solução total obtida foi registado, sendo necessário um mínimo de 60 mL de amostra para a execução do programa analítico estabelecido (5.1.10.).

³ Os tubos de centrífuga foram desenhados e concebidos de forma semelhante à descrita por EDMUNDS e BATH (1976).

Todo o material utilizado durante o processo de extração, filtração, manuseamento e conservação da solução do solo foi submetido a descontaminação prévia, seguindo o procedimento referido em 5.3.1..

5.1.10. Programa Analítico

Depois da solução do solo extraída e filtrada, cada amostra foi submetida a determinações imediatas dos seguintes parâmetros: pH, potencial redox (Eh), condutividade elétrica (CE), Acidez e Alcalinidade.

As restantes análises foram realizadas posteriormente, tendo as amostras sido guardadas separadamente para cada análise, em frascos de polipropileno (PP) de 20 mL, e congeladas.

O programa analítico da solução do solo, bem como o procedimento para conservação das amostras para análise está referido no Quadro 5.2.

Quadro 5.2 - Programa analítico e procedimento de conservação das amostras

ANÁLISES	CONSERVAÇÃO	CONSERVANTE
pH, Eh, CE, Acidez e Alcalinidade	sem conservação. Análise imediata	—
Aniões (Cl, NO ₂ , NO ₃ , P O ₄ , SO ₄)	congelação	—
Catiões (Na, K, NH ₄ , Mg, Ca)	congelação	—
Metais (Cu, Zn, Al, Fe, Mn)	congelação	acidificação com HCl
DOC	congelação	azida de sódio (NaN ₃)
COD	congelação	H ₂ SO ₄

Os métodos utilizados para as diferentes determinações são referidos no ponto 5.3.3.

5.1.11. Tratamento de Resultados

No que se refere ao tratamento dos resultados obtidos nos talhões experimentais, durante o período de monitorização do ensaio, para além da utilização de correlações e regressões lineares e múltiplas, abordagem tradicional, utilizada para explicar o comportamento observado, foi também utilizada uma sub-rotina, **EXPERT**, do módulo de equilíbrio químico do programa matemático CHARON.

Esta sub-rotina permite calcular a especiação dos vários componentes presentes na solução do solo (Cu, Ca, Fe, Al, DOC, etc.). A sua diferença, relativamente ao programa global, é a ausência de transporte e a ausência da variável tempo. Embora se trate de uma sub-rotina estática, tem a vantagem de permitir uma melhor interpretação dos resultados obtidos, para cada profundidade estudada, e para cada uma das amostragens realizadas, possibilitando assim, estabelecer conclusões relativamente às variações observadas ao longo do período experimental, nomeadamente no que se refere ao efeito da aplicação do efluente nas condições de mobilidade/imobilidade do cobre.

Uma vez que o modelo adaptado para este caso de estudo recorre ao módulo de equilíbrio químico do Programa CHARON e, conseqüentemente, à sub-rotina EXPERT, a descrição desta sub-rotina encontra-se detalhada no ponto 5.4 (concretamente 5.4.2) deste Capítulo, onde se trata exclusivamente da modelação matemática utilizada neste trabalho.

5.2. ENSAIOS LABORATORIAIS

5.2.1. ESTUDOS DE ADSORÇÃO DO COBRE

5.2.1.1. Determinação da Cinética de Adsorção do Cobre

Os estudos cinéticos, destinados a estabelecer o tempo óptimo de contacto entre soluto e fase sólida, foram determinados realizando ensaios preliminares, em que não se procedeu ao ajustamento do pH.

Após a adição de Cu, a concentração do metal em solução foi determinada várias vezes, de acordo com os tempos referidos no Quadro 5.3.

A concentração de Cu na solução adicionada foi mantida constante, 3 mg L^{-1} ($23.6 \mu\text{m g}^{-1}$ de solo), em todos estes ensaios, que foram realizados em triplicado. O pH não foi ajustado.

Quadro 5.3 - Tempos de monitorização da quantidade de Cu em solução

Concentração de cobre (ppm)	TEMPOS DE AGITAÇÃO (Horas)											
	0.5	1	2	4	8	16	24	32	48	96	192	336
3												

Os resultados obtidos foram submetidos a análise estatística, com realização de análise de variância e testes de comparação de médias (Teste de Scheffe e Teste de Dunn).

Assim, e considerando uma optimização das condições de ensaio, foi adoptado um tempo de contacto de 24 horas. Resultados semelhantes foram obtidos por RIBEIRO, 1992.

5.2.1.2. Ensaio de Adsorção

O estudo da adsorção do Cu incidiu sobre os 10 cm superficiais do solo, tendo as amostras sido previamente secas ao ar e crivadas de modo a obter partículas de ϕ inferior a 2 mm.





























































A adsorção foi medida realizando ensaios, com 2 g de solo e 40 mL de solução, numa razão solo:solução de 0.05 g mL⁻¹.

O delineamento experimental estabelecido foi factorial, com dois factores, pH e concentração de Cu (C_0), num total de 60 tratamentos, completamente casualizados, referidos no Quadro 5.4.

As concentrações de Cu (C_0) adicionadas variaram de 0.1 a 10 ppm, i.e., 0.03 μ m a 3 μ m de Cu por grama de solo⁴, de modo a, por um lado, permitir rigor analítico e, por outro, evitar a precipitação de hidróxidos metálicos.

A adição de Cu foi efectuada a partir de uma solução padrão com 1000 ppm de Cu, como Cu(NO₃)₂, (BDM - Spectrosol).

Quadro 5.4 - Delineamento experimental dos ensaios de adsorção do cobre (pHxppm Cu)

pH \ Cu	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	3.0	5.0	10.0
3.5										
4.5										
5.0										
5.5										
6.0										
6.5										

O intervalo de pH considerado variou entre 3.5 e 6.5 (ver Quadro 5.4), limitando a alteração das argilas e a possível precipitação de hidróxidos metálicos, para valores de pH mais elevados.

Os diferentes valores de pH foram obtidos por adição de alíquotas de HCl 0.1M ou de Ca(OH)₂ 0.5M, conforme o caso.

O electrólito de base foi o nitrato de cálcio, Ca(NO₃)₂. O nitrato foi escolhido devido à sua fraca capacidade de complexar catiões metálicos (MSAKY e CALVET, 1990), e a adição de

⁴ Adição de Cu - 0.1; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1.0; 1.5; 3.0; 5.0; 10.0 ppm, correspondentes a 0.06; 0.13; 0.25; 0.38; 0.50; 0.63; 0.94; 0.94; 1.89; 3.15; 6.29 μ moles de Cu nos 40 mL de solução (por 2g de solo).

cálcio teve como objectivo saturar o complexo de troca catiónica (CTC) com este elemento, garantindo assim que o Cu removido da solução era adsorvido especificamente.

As suspensões de solo (2 g solo:40 mL solução), contidas em tubos de centrífuga de 120 mL, em PP, foram agitadas, durante 24 horas, num agitador de vai e vem (Lab-Line), a 150 rpm. A temperatura foi controlada e mantida constante, a 25°C, recorrendo a uma incubadora (WTW).

Cada ensaio foi realizado em triplicado e, por cada série de concentração inicial C_0 x pH, foi realizada uma testemunha (também em triplicado) de modo a detectar a ocorrência de adsorção e/ou contaminação pelo material.

Após o tempo de agitação, a fase líquida foi separada da fase sólida por centrifugação (centrífuga refrigerada Kubota 5800) a 3500x g, durante 30 minutos e a 25°C. O sobrenadante foi recolhido, com uma micropipeta, para frascos de 50 mL, em PP, procedendo-se então à determinação do pH na solução final, de equilíbrio. A concentração de Cu (C) em solução foi determinada por Espectrofotometria de Absorção Atómica com Forno de Grafite (AAS/GF), modelo Perkin Elmer 4100 ZL e por Espectrofotometria de Emissão Atómica, com Acoplamento Indutivo do Plasma (ICP-ES) da Perkin Elmer, Modelo Plasma 40.

O Cu adsorvido foi calculado através da diferença entre a quantidade inicialmente adicionada e a quantidade permanecendo em solução ($C_0 - C$) após 24 horas de contacto.

5.2.1.3. Tratamento de Resultados

• Cálculo da actividade do cobre em solução

Para a interpretação dos resultados obtidos directamente através da execução dos ensaios de adsorção (Cu em solução vs. Cu adsorvido), foi considerado como de todo o interesse calcular a actividade do Cu para os diferentes tratamentos em estudo.

Tal como se referiu ao longo do Capítulo 3, o Cu é um MP cujo comportamento é grandemente influenciado pela complexação orgânica (quer em solução, quer na fase sólida), que deste modo tem uma forte acção controladora da capacidade de mobilização e biodisponibilidade deste elemento. Esta complexação orgânica, de acordo com a sua magnitude, reflecte-se na actividade do Cu.

Assim, uma correcta avaliação das implicações ambientais do Cu em solução, necessita do conhecimento da sua actividade, isto é, da quantificação do Cu presente na forma livre Cu^{2+} .

Para o cálculo da actividade do Cu, nas condições presentes durante estes ensaios de adsorção, foi necessário considerar:

- i) a variação do DOC em solução tendo em conta o pH, a actividade do Ca (a_{Ca}), e a força iónica da solução;
- ii) a capacidade de complexação do DOC;
- iii) os coeficientes de actividade;
- iv) influência do DOC e Ca na actividade do Cu, isto é, na presença de Cu^{2+} .

Uma descrição mais detalhada da metodologia utilizada para o cálculo da actividade do cobre encontra-se descrita na Caixa que se segue.

É de salientar que a equação utilizada para estimar o DOC (DOLFING e BRIL, 1997; ver caixa), foi obtida com base em resultados experimentais provenientes de um projecto comunitário⁵ em que o solo estudado foi o mesmo, proveniente do mesmo local, da Herdade da Cova do Gato.

Por sua vez, as constantes de dissociação usadas no cálculo da capacidade de complexação do DOC foram as obtidas durante este trabalho, com a execução da fase experimental descrita no ponto 5.3, deste Capítulo.

Crê-se que estas duas circunstâncias contribuem significativamente para aumentar a credibilidade e validade dos resultados obtidos com a abordagem adoptada.

• Isotérmicas de adsorção

As isotérmicas de adsorção, para determinado valor de pH, foram calculadas através do ajustamento da equações linear de Langmuir e dos modelos não linear e linear de Freundlich.

No **Capítulo 6**, referente à Análise e Discussão dos Resultados, serão apenas referidas as abordagens que conduziram a uma melhor explicação dos valores observados.

O ajustamento de todos os resultados foi feito usando uma regressão múltipla, que se pode designar pela equação de Freundlich para duas espécies, *Two Species Freundlich equation*, (TSF).

⁵ Projecto Comunitário (EV5V-CT92-0203) - Colloid-Facilitated Leaching of Groundwater Contaminants through Soils, as Affected by European Region and Soil Manuring.

CÁLCULO DA ACTIVIDADE DO COBRE

1 - Cálculo do DOC

O DOC foi estimado recorrendo a uma regressão múltipla (log-log). Esta regressão, baseada em resultados experimentais (dos quais fez parte o solo em estudo), calcula a concentração de DOC com uma aproximação fortemente significativa aos valores medidos (DOLFING e BRIL, 1997).

$$\text{Log}[\text{DOC}] = -0.80 + 0.17 \cdot \text{pH} - 0.17 \log a_{\text{Ca}} + 0.81 \log \% \text{MO} + 0.23 \log \text{CE} \quad [1]$$

Nesta equação, o teor em matéria orgânica "OM" é definido como $10 \cdot \% \text{MO} \cdot \text{gS}/(\text{gL} + \text{gS})$, em que %MO é a percentagem de matéria orgânica do solo, e gS e gL são as quantidades de solo e solução (em gramas) usadas durante os ensaios de adsorção. Como resultado desta definição, "MO" é a quantidade de matéria orgânica por Kg de solo (peso húmido).

A actividade do cálcio (a_{Ca}) foi calculada de acordo com o cálcio adicionado no electrólito de base. A Condutividade eléctrica (CE) foi calculada através da equação [2]

$$\text{CE} = 2.2 + 0.007 \cdot \text{Cu}_{\text{adic.}} + [1.66 - 0.728 \cdot \text{pH} + 0.08 \cdot (\text{pH})^2] \quad [2]$$

Nesta equação o 1º termo (2.2) representa a CE do electrólito de base; o 2º termo ($0.007 \cdot \text{Cu}$ adicionado), a correcção da CE devido à aplicação do Cu como solução salina; e o 3º termo ($[1.66 - 0.728 \cdot \text{pH} + 0.08 \cdot (\text{pH})^2]$), a correcção da CE devido à influência do pH (BRIL, 1998, comunicação pessoal).

2 - Cálculo da capacidade de complexação orgânica

$$\text{DOC}_{\text{Total}} = \text{HHUM}^- + \text{CaHHUM} + \text{H}_2\text{HUM} \quad [3]$$



Os valores de K foram extraídos de RÖMKENS et al., 1996, e dos resultados obtidos neste estudo na parte referente à capacidade de desprotonação da matéria orgânica.

3 - Cálculo dos coeficientes de actividade

Os coeficientes de actividade (γ) foram calculados recorrendo à equação de Davies (STUMM e MORGAN, 1981):

$$\text{Log} \gamma = A z^2 \left(\frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} - 0.2 I \right) \quad [7]$$

I (força iónica) foi calculada com base na seguinte relação: $I = 0.013 \cdot \text{CE}$, em que a CE é expressa em mS cm^{-1} (ZHU e ALVA, 1993; ALVA et al., 1991; GRIFFIN e JURINAK, 1973); $A \approx 0.5$ para a água a 25°C.

4 - Cálculo da actividade do cobre

$$\text{Cu dissolvido} = \frac{1}{\gamma} a_{\text{Cu}^{2+}} \quad [8]$$



$$\text{Cu}_{\text{dissolvido}} = a_{\text{Cu}^{2+}} \left(\frac{1}{\gamma} + 10^{5.6} \cdot a_{\text{HHUM}} + 10^{10.8} \cdot a_{\text{HUM}} \right) \quad [11]$$

Os valores de K foram extraídos de RÖMKENS et al., 1996.

A utilização desta equação [1], ou da sua forma log-log [2], tem a vantagem de ter em conta os efeitos do pH, e é particularmente útil para solos arenosos ácidos, onde a matéria orgânica é, quimicamente, a superfície mais reactiva.

$$Q_{cu} = K(H^+)^m \cdot (Cu^{2+})^n \quad [1]$$

Assim, Q_{cu} corresponde ao Cu adsorvido pelo solo; (Cu^{2+}) exprime a actividade do cobre livre; e (H^+) a actividade dos protões; m e n são parâmetros que dependem do tipo de solo e das condições experimentais.

$$\text{Log}Q_{cu} = \text{log}K + n\text{log}Cu^{2+} + m\text{pH} \quad [2]$$

Uma vez que o ião Cu^{2+} é a Cu-espécie adsorvente dominante, a adsorção deverá estar essencialmente correlacionada com a sua actividade e não com a concentração total de Cu dissolvido.

Abordagens semelhantes são referidas por vários autores (TEMMINGHOFF, 1998; TEMMINGHOFF et al., 1997, 1994)

5.2.2. ESPECIAÇÃO DO COBRE NO SOLO

A especiação, definida do ponto de vista operacional, corresponde à quantificação de elementos em fases específicas da matriz (solo, sedimento), podendo ser determinada quer através de extracções simples, quer recorrendo a extracções sequenciais.

Em ambos os casos, considera-se existirem no solo fontes de um elemento com diferentes solubilidades e mobilidades, que podem ser removidas com soluções de diferentes forças de extracção. As principais fontes são: (A) solução do solo; (B) troca iónica; (C) adsorvido e complexo; (D) ligados, ocluídos nos óxidos e argilas secundárias e (E) residual (estrutura dos minerais primários) (URE et al., 1993)

Neste estudo, para a especiação do Cu no solo, foram utilizadas soluções extractantes com diferentes forças de extracção, às quais se associam diferentes “espécies” de Cu. Este procedimento foi utilizado em alternativa ao usual esquema de extracção química sequencial, uma vez que foi considerado que satisfaria plenamente os objectivos deste estudo em que as condições de mobilidade/biodisponibilidade do Cu, estão particularmente dependentes das “espécies” mais lábeis de Cu, nomeadamente do Cu solúvel (A), do Cu de troca (B) e do Cu adsorvido e complexo (C).

De facto, e tal como referem URE et al., 1993, as fontes A, B e C estão em equilíbrio reversível e relativamente rápido, enquanto que D atinge o equilíbrio apenas muito lentamente e E não está em equilíbrio reversível com as outras fracções.

Considerou-se, pois, que, relativamente à mobilidade/biodisponibilidade do Cu no solo, apenas as fracções A, B e C intervêm significativamente, centrando-se assim a especiação deste elemento na determinação daquelas três fontes. O Cu total também foi determinado uma vez que embora, tal como anteriormente referido, não esteja correlacionado com o comportamento geoquímico deste elemento, o seu conhecimento permite não só uma caracterização comparativa do solo em questão (em termos de níveis de base), como também a fracção total do Cu potencialmente mobilizável, numa perspectiva de longo prazo.

De acordo com o acima estabelecido e, para cada camada do perfil do solo, foram realizadas quatro extracções: 1) Extracção do Cu total, através de ataque triácido (água régia ($\text{HNO}_3 + \text{HCl}$, 1:4) + ácido fluorídrico); 2) Extracção do Cu solúvel, por extracção com água; 3) Extracção do Cu solúvel + Cu de troca, com acetato de amónio 1M, a pH 7; e 4) Extracção do Cu complexado, com EDTA 0.05M. Os procedimentos 3) e 4) são ambos adoptados pelo Community Bureau of Reference, no Soil Extraction Protocol, como esquema de intercalibração da especiação de metais pesados em solos (URE et al., 1993; BCR, 1990).

As amostras de solo usadas neste esquema de especiação foram previamente secas ao ar e crivadas (2 mm), à excepção da determinação do Cu total cuja determinação implica que o solo seja previamente moído (ponto 5.2.2.1).

5.2.2.1. Cobre Total

Foram pesados 0.7 g de solo moído a 200 mesh, para frascos de Teflon (TFE). Subsequentemente adicionou-se a **solução extractante**: 3 mL de **água régia** ($\text{HNO}_3 + \text{HCl}$, 1:4) e 6 mL de **ácido fluorídrico**, deixando o ataque à temperatura ambiente até ao dia seguinte. O procedimento foi repetido para a testemunha e para o material de referência⁶ (BCR N° 142, COLINET et al., 1983). Todas as extracções foram feitas em triplicado.

Após esse período, os frascos foram colocados em banho-maria com regulação de nível da água (Selecta) à temperatura de 100°C, durante 90 minutos. Na alimentação da água do banho utilizou-se destilada, de modo a eliminar riscos de contaminações.

Depois de arrefecidos, os extractos foram transferidos para balões volumétricos de 50 mL aos quais foram adicionados previamente 2.83 g de ácido bórico e 5 mL de água ultrapura. Depois de transferidos os extractos, perfez-se o volume com água ultrapura e as amostras foram transferidas para frascos de HDPE e conservadas a 4°C, até posterior análise dos metais por AAS/GF e ICP-ES.

⁶ O material de referência foi utilizado para avaliação da exactidão dos resultados analíticos referentes à extracção do Cobre.

5.2.2.2. Cobre Solúvel

Para a determinação do Cu em solução, utilizou-se, por razões evidentes, o mesmo procedimento adoptado para extracção e análise da solução do solo, referido em 5.1.9. Assim foram preparados extractos de saturação, de acordo com o método referido por RHOADES, 1982, e a solução foi extraída por centrifugação a 3500x g, durante 20 minutos e a 25°C (centrífuga refrigerada Kubota 5800), e posterior filtração por filtros 0.45 μ m Millipore de nitrato de celulose.

A determinação da concentração de Cu nos filtrados foi feita directamente por AAS/GF.

5.2.2.3. Cobre Solúvel + Cobre de Troca

Foram pesados 5 g de solo \pm 0.02 g directamente para os recipientes de extracção (frascos de 250 mL, em vidro borossilicato, com tampa). Subsequentemente adicionaram-se 80 mL de **solução extractante de acetato de amónia 1M a pH 7⁷** e, imediatamente a seguir, colocaram-se os frascos num agitador de vai e vem (Lab-Line), a 140 rpm, durante 16 horas e à temperatura controlada de 20°C. O controlo de temperatura conseguiu-se, colocando o agitador numa incubadora (WTW). Após o tempo de agitação, os extractos foram filtrados através de filtros de 18.5 cm Whatman 542, previamente lavados com a solução extractante de EDTA 0.05M, seguida de água ultrapura e deixados a drenar.

O filtrado foi recolhido para frascos de HDPE, para análise por AAS/GF e ICP-ES. Nestas análises, a mesma solução extractante foi utilizada para fazer os padrões de calibração.

As extracções foram realizadas em triplicado, tendo sido realizada uma testemunha (também em triplicado), por cada conjunto de extracções.

5.2.2.4. Cobre Solúvel + Cobre de Troca + Cobre Complexado

Foram pesados 10 g de solo \pm 0.05 g directamente para os recipientes de extracção (frascos de 250 mL, em vidro borossilicato, com tampa). Subsequentemente adicionaram-se 50 mL de **solução extractante de EDTA 0.05M, como sal amoniacal, a pH 7⁸** e, imediatamente a seguir, colocaram-se os frascos num agitador de vai e vem (Lab-Line), a 140 rpm, durante 1 hora e à temperatura controlada de 20°C. O controlo de temperatura conseguiu-se, colocando o agitador numa incubadora (WTW). Após o tempo de agitação, os extractos foram filtrados através de filtros de 18.5 cm Whatman 542, previamente lavados com a solução extractante de EDTA 0.05M, seguida de água ultrapura e deixados a drenar.

⁷ A solução extractante de acetato de amónia 1M, pH 7, foi preparada a partir de ácido acético glacial e uma solução de amónia pura, sendo depois ajustada a pH 7.

O filtrado foi recolhido para frascos de HDPE, para análise por AAS/GF e ICP-ES. Nestas análises, a mesma solução extractante foi utilizada para fazer os padrões de calibração.

As extracções foram realizadas em triplicado, tendo sido realizada uma testemunha (também em triplicado), por cada conjunto de extracções.

5.2.3. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE COMPLEXAÇÃO (DESPROTONAÇÃO) DA MATÉRIA ORGÂNICA

Sabendo que a complexação do Cu com compostos orgânicos em solução (DOC) é determinante na especiação deste metal na solução do solo, considerou-se de grande relevância para este estudo procurar caracterizar o comportamento/capacidade complexante potencialmente associado ao DOC presente no sistema em questão, permitindo assim uma interpretação mais rigorosa dos resultados obtidos nos talhões experimentais, bem como um melhor ajustamento do modelo SEKTRAS-Cu (ponto 5.4) às condições reais de estudo.

Deste modo, o objectivo desta parte foi utilizar um modelo já testado (RÖMKENS e BRIL, 1998, in prep.) que, embora com base numa descrição simplificada do comportamento dissociativo (desprotonação) do DOC, descreve quantitativamente, com suficiente rigor, a interacção entre o DOC e o Cu em solução.

Para este efeito, as constantes de dissociação pK_1 e pK_2 do DOC em solução do solo em estudo, foram determinadas experimentalmente, utilizando-se o procedimento que a seguir se refere.

5.2.3.1 Extracção do Carbono Orgânico Dissolvido (DOC)

O DOC foi extraído de amostras dos 10 cm superficiais do solo em estudo (tal como nos estudos de adsorção).

O objectivo era descrever a ligação metálica a um tipo de DOC o mais próximo possível do DOC presente no solo em condições naturais (de campo). Assim, o DOC foi extraído do solo a pH 8, para evitar modificações químicas que ocorrem para valores de pH mais elevados.

Para obter soluções de DOC suficientemente concentradas (superior a 150 mg L⁻¹), 50g de solo, seco ao ar e crivado (2 mm), foram equilibrados, com forte agitação manual e posterior

⁸ A solução extractante de EDTA 0.05M como solução de sal amoniacal, foi preparada a partir de EDTA isento de ácido e uma solução de amónia pura, filtrada e ajustada a pH 7.00 ± 0.05 com HCl.

repouso (2 horas), com 50 mL de NaCl 0.05M e 20 mL de NaOH 0.05M. Inicialmente o NaOH foi adicionado em porções de 2 mL, de modo a assegurar que o pH da solução não excedia 8. Após o tempo de equilíbrio, o pH da solução final foi medido.

As amostras foram centrifugadas a 3500 rpm, durante 30 minutos, a 25°C (centrífuga refrigerada KUBOTA 5800), para remover as partículas sólidas, sendo subsequentemente filtradas através de filtros Millipore PTFE, 0.45 µm.

Devido ao valor de pH relativamente elevado da extração (7 a 8), e à elevada concentração de Na na solução extractante, a contaminação inorgânica do DOC era muito baixa, tendo sido assumido não haver interferências significativas com a titulação.

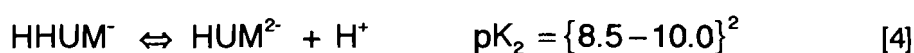
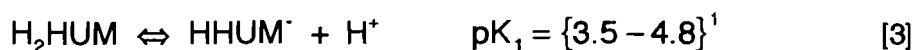
Após a filtração, foram adicionadas à solução alíquotas de HCl 0.05N de modo a obter um valor de pH da ordem de 6 ± 0.2 . As concentrações em carbono total (TC) e orgânico (DOC) foram determinadas num Analisador de TOC da marca SHIMADZU, modelo TOC 5000-A. As concentrações de DOC nos extractos variaram entre 262 e 282 mg C.L⁻¹.

5.2.3.2 Titulação do DOC-Cu

A solução contendo DOC e o Cu nativo, extraída pelo processo acima referido, foi titulada como uma função do pH. Deste modo, o comportamento do DOC foi estudado num intervalo de pH entre 3 e 10. A adição de ácido, HCl 0.05M, ou base, NaOH 0.05M, foi feita recorrendo a buretas automáticas, com adições de 0.1 a 0.2 mL de modo a obter um elevado número de pontos. A solução foi agitada e varrida continuamente com N₂ purificado, durante a titulação, de modo a retirar o CO₂.

5.2.3.3 Descrição do Modelo

Para descrever o comportamento protonação/desprotonação do DOC em solução utilizou-se um modelo que tem em conta apenas dois grupos funcionais. Esta aproximação baseia-se na teoria que considera que, tanto a capacidade de tamponização e propriedades de protonação, como as interações metal-húmicos, são dominadas por poucos grupos funcionais. Os dois grupos aqui considerados representam “grosseiramente” os grupos carboxílicos e fenólicos (RÖMKENS e BRIL, 1998, in prep.; RÖMKENS et al., 1996):



^{1,2}: Os valores pK_a obtidos para ambos os grupos carboxílicos e fenólicos representam o intervalo de valores médios obtidos experimentalmente (PERDUE e LYTLE, 1983).

Como é evidente, este modelo de desprotonação das substâncias orgânicas dissolvidas é extremamente simplificado, não podendo descrever rigorosamente a dissociação dos grupos reactivos. Devido ao facto de que apenas são considerados dois valores discretos de pK_a , a curva de tamponização mostrará duas regiões tamponizadas, enquanto que as curvas reais de titulação revelam claramente a composição heterogénea do DOC.

No entanto, esta aproximação discreta do comportamento dissociativo do DOC tem sido usada com sucesso na descrição da ligação de MP à matéria orgânica e DOC (LÖVGREN e SJÖBERG, 1989; LUMSDON, 1996).

Considerando que não faz parte dos objectivos deste estudo desenvolver um modelo que represente quimicamente o comportamento dissociativo exacto do DOC em solução, este erro é considerado aceitável, permitindo introduzir no modelo final (ponto 5.4) de simulação do comportamento do Cu no sistema solo em estudo, as constantes de dissociação observadas e não as referidas na literatura.

Para converter a concentração do DOC em solução, de gramas de Carbono por litro para moles de carga por litro, foi usado um factor \underline{m} de densidade de locais reactivos de 100 g Carbono Eq^{-1} de carga. Isto corresponde a uma carga total de 10 meq gC^{-1} , o que está de acordo com valores encontrados em outros estudos, como um valor médio da capacidade de ligação de prótons do DOC no solo.

Uma vez que todos os cálculos da especiação se basearam nas espécies HUM^{2-} (ver ponto 5.4), a concentração do DOC em solução foi dividida por 200, de modo a obter o número total de moles de carga em solução em moles m^{-3} (RÖMKENS e BRIL, in prep.)

5.3. PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

5.3.1. Técnicas de Descontaminação

Todo o material utilizado, quer no campo quer no laboratório, foi submetido a lavagem com detergente isento de Cu (TEEPOL), seguido de um procedimento de descontaminação por imersão, durante 24 horas, numa solução de HNO_3 a 10%. Após este período, todo o material foi devidamente lavado com passagens sucessivas por água destilada e finalmente por água ultra pura.

5.3.2. Análises do Solo

As análises de caracterização física, química e mineralógica do solo foram realizadas nos laboratórios do Centro de Estudos de Pedologia, Instituto de Investigação Científica

Tropical, instalados no Instituto Superior de Agronomia. Os procedimentos utilizados e assinalados com (†) estão referidos em PÓVOAS e BARRAL, 1992.

Textura † - A textura do solo foi determinada a partir da análise granulométrica ou “análise mecânica”, em que são quantificados os 4 lotes da terra fina (fracção < 2 mm): areia grossa, areia fina, limo e argila. O método utilizado foi o da pipeta.

Para a classificação textural utilizou-se o diagrama triangular adaptado do U.S. Dep. Agriculture por GOMES e SILVA, 1962.

Matéria orgânica † - Foi estimada, considerando que a matéria orgânica dos solos possui, em média, 58% de carbono. Deste modo, obteve-se a % aproximada de matéria orgânica multiplicando a % de carbono orgânico pelo factor 1.724 (factor de Van Bemmelen).

Carbono orgânico † - Dada a ausência de carbonatos, o método utilizado para a determinação do carbono orgânico total foi o da combustão por via seca (aparelho de Ströhlein), em que o carbono é doseado medindo o volume de dióxido de carbono libertado, após a combustão da amostra a 1200°C.

% de água a 1/3 bar e a 15 bar † - A determinação da % de humidade a 1/3 bar foi obtida pelo método da placa de pressão de L.A. Richards e a % de humidade a 15 bar, segundo o método da membrana de pressão de L.A. Richards.

Capacidade de saturação † - Consiste na determinação da quantidade de água necessária à preparação da pasta de solo saturado.

Densidade real, densidade aparente, porosidade total † - Método do cadinho de Gooch.

Condutividade eléctrica - Determinada em extractos de saturação, utilizando um condutímetro com compensação automática da temperatura.

Cloretos † - Determinados por titulação com uma solução de nitrato de prata de título conhecido, usando como indicador o cromato de potássio.

Sulfatos † - Os sulfatos foram determinados por precipitação do sulfato de bário em presença de uma solução diluída de ácido clorídrico.

Carbonatos totais † - Foi utilizado o método do calcímetro que, embora não sendo muito rigoroso, permite obter resultados satisfatórios, para os solos em estudo.

pH † - As determinações do pH foram feitas em suspensões de solo em água (pH em H₂O) ou em cloreto de potássio (pH em KCl 1N), numa relação solo:solução de 1:2.5, com um potenciómetro de eléctrodo de vidro, após uma hora de contacto com agitação ocasional.

Capacidade de troca catiónica - T † - Método do acetato de amónio a pH 7, em que se verifica a saturação do complexo de troca com NH₄⁺. O excesso de amónio é lavado com etanol e a fracção adsorvida é trocada pelo potássio, por percolação com KCl 1N acidificado.

O amónio é determinado por destilação, e corresponde ao valor da capacidade de troca catiónica do solo.

Catiões de troca - S † - As bases de troca (Ca, Mg, K e Na) são doseadas por AAS, nos extractos obtidos na determinação da capacidade de troca catiónica.

Grau de saturação - V - [%]
$$V = \frac{S \times 100}{T}$$

Alumínio de troca † - Método do cloreto de potássio 1N, em que os iões K⁺ deslocam os iões Al³⁺, formando-se cloreto de alumínio que se hidrolisa parcialmente, dando origem ao ácido correspondente, HCl. Paralelamente, há a deslocação de parte dos iões H⁺ de troca, o que origina a formação de mais HCl.

Consegue-se assim baixar o valor de pH de modo a manter o alumínio sob a forma solúvel (pH ±3.8). O doseamento é feito por AAS.

Ferro e Alumínio Livres † - Método de Mehra e Jackson, em que a extracção é feita a quente com uma mistura de citrato de sódio e ditionito de sódio tamponizada com bicarbonato de sódio. O Fe e Al são doseados por AAS.

Ferro, Alumínio e Manganês Totais † - Método do ataque Percloro-Fluorídrico, em que o ataque do solo com os ácidos perclórico e fluorídrico leva à decomposição dos silicatos. Os catiões ficam sob a forma de cloretos e são doseados por AAS.

Análise mineralógica da fracção argilosa - Obtida por radiograma, em lâmina de vidro, com utilização da aparelhagem Philips, e de acordo com a metodologia em uso no Centro de Estudos de Pedologia do Instituto de Investigação Científica Tropical.

5.3.3. Análises da Solução do Solo e outras Amostras Aquosas

pH - determinado potenciométricamente com um aparelho Orion, modelo 290 A, e eléctrodos combinados Triode e Ross (81-02), da Orion. Aproximação à milésima, e compensação

automática da temperatura, utilizando uma sonda térmica ATC, Orion. Agitação das amostras com um agitador magnético Heidolph, modelo MR 3001.

Potencial Redox (Eh) - determinado potenciométricamente, com um aparelho Orion, modelo 290 A, e eléctrodo combinado de platina Orion, modelo 96-78, que combina um eléctrodo de platina com o eléctrodo de referência de prata/cloreto de prata. Valores expressos em mV.

Condutividade Eléctrica (CE) - com um condutímetro digital com compensação automática da temperatura, da Palintest. Condutividade expressa em $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

Acidez Total - por titulação com NaOH 0.005M, com eliminação do CO_2 através de agitação e varrimento contínuo da solução com azoto puro. Soluções titulantes preparadas com padrões da Riedel-deHaën, NaOH 1 mol L^{-1} . Resultados expressos em meq L^{-1} .

Alcalinidade Total - por titulação com HCl 0.005N. Soluções titulantes preparadas com padrões da Riedel-deHaën, HCl 1 mol L^{-1} . Resultados expressos em meq L^{-1} .

Carência Química de Oxigénio (CQO) - por titulação, utilizando o método do dicromato de potássio. A digestão das amostras foi feita num reactor da Vittadini, modelo Recod 19/Test. Valores expressos em mg $\text{O}_2 \text{L}^{-1}$.

Carbono Orgânico dissolvido (DOC) - determinação do Carbono Total (TC) e do Carbono Inorgânico (IC) utilizando um Analisador de TOC da marca Shimadzu, modelo TOC 5000-A. O DOC foi obtido por diferença ($\text{DOC} = \text{TC} - \text{IC}$). Valores expressos em mg C L^{-1} .

Aniões - Cloreto, Sulfato, Nitrato, Nitrito, Fosfato - por Cromatografia Iónica, num aparelho da marca Dionex. Calibração recorrendo a soluções padrão da Merck, e ajustamento com soluções de referência (Five Anion Standard, Dionex). Resultados expressos em mg L^{-1} , e posteriormente convertidos em moles m^{-3} .

Catiões - Cálcio, Magnésio, Potássio, Sódio, Amónio - por Cromatografia Iónica, num aparelho da marca Dionex. Calibração recorrendo a soluções padrão da Merck, e ajustamento com soluções de referência (Six Cation Standard, Dionex). Resultados expressos em mg L^{-1} , e posteriormente convertidos em moles m^{-3} .

Metais - Cobre, Zinco, Alumínio, Ferro, Manganês - por Espectrofotometria de absorção atómica com forno de Grafite (AAS/GF), modelo Perkin Elmer 4100 ZL, e por Espectrofotometria de emissão atómica, com acoplamento indutivo do plasma (ICP-ES),

Perkin Elmer Modelo Plasma 40. Resultados expressos em mg L^{-1} , e posteriormente convertidos em moles m^3 .

Quadro 5.5 - Limites de detecção, referentes às determinações de metais

METAL	AAS/GF	ICP-ES
• Cobre	2 $\mu\text{g/L}$	30 $\mu\text{g/L}$
• Zinco	2 $\mu\text{g/L}$	50 $\mu\text{g/L}$
• Alumínio	2 $\mu\text{g/L}$	50 $\mu\text{g/L}$
• Ferro	-	30 $\mu\text{g/L}$
• Manganês	5 $\mu\text{g/L}$	30 $\mu\text{g/L}$

5.3.4. Análises do Efluente

Na caracterização química do efluente de suinicultura aplicado nos talhões experimentais foram consideradas, tal como anteriormente referido, o efluente filtrado (0.45 μm).

A generalidade das análises realizadas no efluente filtrado, seguiram os procedimentos já indicados no ponto 5.3.3 para as amostras líquidas (solução do solo, extractos, etc.).

No efluente bruto, como regra, os métodos de análise (assinalados com ‡), foram os referidos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (A.P.H.A., 1992).

As análises foram realizadas no Laboratório de Análises Químicas do Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Matéria seca (%) ‡ - valor obtido por secagem na estufa a 105°C, até peso constante.

pH - determinado potenciométricamente com um aparelho Orion, modelo 290 A, e eléctrodo combinado Triode, da Orion. Aproximação à milésima, e compensação automática da temperatura, utilizando uma sonda térmica ATC, Orion. Agitação das amostras com uma agitador magnético Heidolph, modelo MR 3001.

Potencial Redox (Eh) - determinado potenciométricamente, com um aparelho Orion, modelo 290 A, e eléctrodo combinado de platina Orion, modelo 96-78, que combina um eléctrodo de platina com o eléctrodo de referência de prata/cloreto de prata. Valores expressos em mV.

Condutividade Eléctrica (CE) - com um condutivímetro digital com compensação automática da temperatura, da Palintest. Condutividade expressa em $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

Fósforo total ‡ - o fósforo presente na amostra foi digerido, pelo método do persulfato. Os ortofosfatos libertados durante o processo de digestão foram posteriormente determinados por colorimetria, utilizando o método do ácido vanadomolibdofosfórico.

Ortofosfatos ‡ - determinados por colorimetria, sem proceder à digestão da amostra, utilizando o método do ácido vanadomolibdofosfórico.

Azoto total ‡ - determinado pelo método Macro-Kjeldahl. A amostra foi digerida na presença de H_2SO_4 , K_2SO_4 e HgSO_4 , e posteriormente destilada para uma solução de ácido bórico. O azoto amoniacal, resultante da digestão e decomposição de outras formas azotadas, foi determinado por titulação com H_2SO_4 0.02N.

Azoto amoniacal ‡ - após destilação prévia da amostra para uma solução de ácido bórico, a concentração de azoto amoniacal no destilado foi determinada por titulação com H_2SO_4 0.02N.

Carência Química de Oxigénio (CQO) ‡ - a amostra foi submetida a uma digestão ácida com HgSO_4 e uma solução de H_2SO_4 e Ag_2SO_4 , à qual foi adicionada uma solução de dicromato de potássio. O excesso de dicromato foi posteriormente titulado com sal de Mohr (sulfato de amónia ferrosa). Valores expressos em $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$.

Sólidos totais (ST) ‡ - por evaporação das amostras homogeneizadas, numa estufa a 105°C , até peso constante.

Sólidos totais voláteis (STV) ‡ - O resíduo proveniente da determinação dos Sólidos Totais, foi incinerado, numa mufla, a 500°C . A diferença de peso entre as duas determinações constitui os STV.

Sólidos em suspensão (SS) ‡ - Obtido por filtração de uma amostra homogénea, utilizando filtros Millipore GFC. O resíduo retido no filtro foi posteriormente seco na estufa a 105°C , até peso constante.

Sólidos em suspensão voláteis (SSV) ‡ - O resíduo proveniente da determinação dos Sólidos em Suspensão, foi incinerado, numa mufla, a 500°C . A diferença de peso entre as duas determinações constitui os SSV.

Metais (Cu, Zn, Al, Fe e Mn) ‡ - devido ao elevado teor em matéria orgânica, as amostras foram previamente reduzidas a cinzas, numa mufla a 450°C , e posteriormente digeridas, seguindo o método da digestão com ácido nítrico concentrado. Após filtração, os metais foram determinados por AAS.

Cálcio, Magnésio, Potássio e Sódio ‡ - extraídos de acordo com o procedimento anteriormente descrito para os metais. Determinação por AAS.

5.4. MODELAÇÃO MATEMÁTICA

5.4.1 Programa de Equilíbrio Químico

Para modelar a influência de variações das condições de equilíbrio químico (macroquímico) do sistema solo-solução do solo, na solubilidade dos MP (nomeadamente do Cu), foi desenvolvido o programa SEKTRAS-Cu, uma adaptação do programa SEKTRAS (Simulation of Equilibria Kinetic and Transport in Soils), por sua vez adaptado do programa químico CHARON (Chemistry Appplied to the Research of Natural Systems), desenvolvido pela Delft Hydraulics (DE ROOIJ, 1991; DE ROOIJ e KROOT, 1991).

CHARON é um modelo de equilíbrio químico que pode ter várias utilizações, entre as quais o cálculo da especiação e transporte.

O modelo utilizado neste caso de estudo, SEKTRAS-Cu, foi desenvolvido por JAN BRIL, do Institute for Agrobiological and Soil Research, AB-DLO, na Holanda e, tal como o SEKTRAS, usa o módulo de equilíbrio, parte integrante do programa CHARON.

Além do módulo de equilíbrio, SEKTRAS-Cu inclui rotinas relativamente à cinética dos processos, o que permite introduzir a variável tempo e simular variações das condições de equilíbrio, para qualquer escala de tempo considerada (segundos ou séculos), incluindo ainda rotinas relativamente ao transporte, o que introduz comprimento, neste caso profundidade, e também tempo (taxas de fluxos, dispersão).

Estes dois módulos, transporte e cinética, foram desenvolvidos especificamente para as condições em estudo (considerando as restrições climáticas de uma região mediterrânica e a ausência de coberto vegetal que influencia processos de natureza vária, tais como a absorção de elementos, actividade biológica, evapotranspiração e, portanto, o regime hídrico do solo, etc).

SEKTRAS-Cu, para ser executado, necessita como entrada, do ficheiro de saída de um modelo hidrológico a ele acoplado, HYDRO, e onde se define a hidrologia do sistema.

O programa em si, tem muito pouca informação relativamente ao problema em consideração, contendo essencialmente software para o cálculo de soluções para os problemas definidos pelo utilizador. Isto significa que, para cada situação de estudo, tem que ser introduzida, como entrada, a completa definição do sistema e, uma vez que, para além dos cálculos de equilíbrio, o modelo faz cálculos dinâmicos, há que introduzir, também como entradas, instruções pré-definidas relativamente ao tipo ou tipos de acção a executar.

O diagrama da Figura 5.10 procura mostrar o desenvolvimento do programa, com os diferentes módulos de cálculo, até chegar ao *output* final (solução).

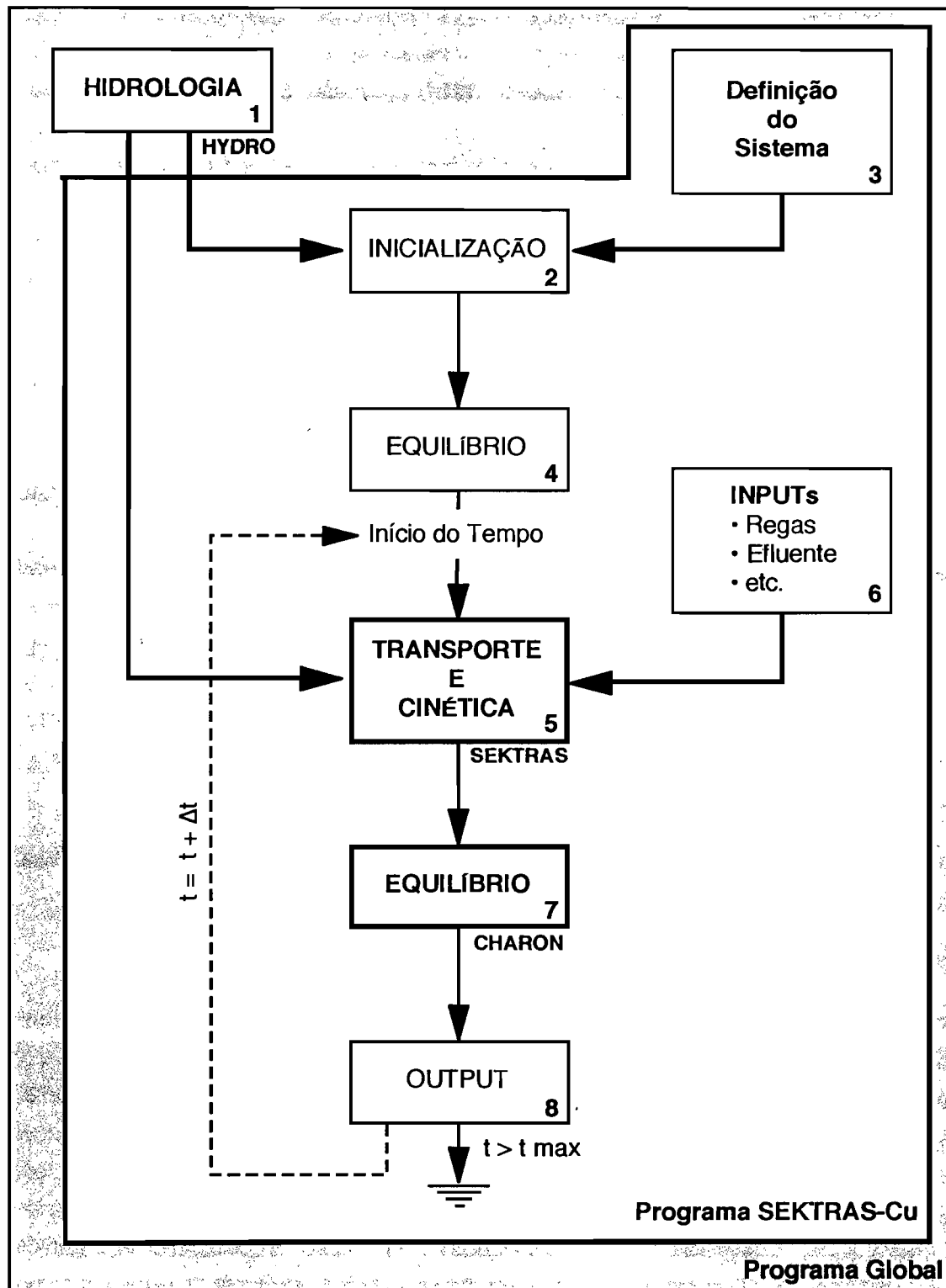


Figura 5.10 - Desenvolvimento do programa, com os diferentes módulos de cálculo.

1 - Hidrologia - a descrição do comportamento hidrológico do sistema executada pelo modelo HYDRO, produzindo um ficheiro de saída, que é utilizado, como ficheiro de entrada, pelo programa SEKTRAS-Cu. HYDRO, necessita como entrada, de um ficheiro, com os

valores diários da precipitação e temperatura, bem como das dotações de água e dias correspondentes às regas. Para além disso, são também dadas como entradas informações relativas a: **1)** ano(s) meteorológicos: 1993=1; 1994=2; ambos=3; **2)** número de camadas (de solo) que o modelo deve considerar (> 10 e < 50 : 10 camadas; **3)** espessura das camadas, em metros: 0.10; **4)** temperatura média anual em °C: 15.5; **5)** amplitude térmica anual em °C: 5.; **6)** profundidade de atenuação em metros: 2.5; **7)** porosidade do solo: 0.38; **8)** volume de poros, correspondente ao máximo volume de água: 0.98; **9)** volume de poros, correspondente ao mínimo volume de água: 0.02; **10)** capacidade de campo, expressa como fracção do espaço poroso: 0.2; **11)** constante de evaporação para a camada superficial: $0.00015^3 \text{ (m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}\text{)}$; **12)** constante referente à condutividade hidráulica: 0.7, adimensional; **13)** coeficiente aparente de retenção descendente: 0.4, adimensional; **14)** coeficiente aparente de retenção ascendente: 0.8, adimensional.

2 - Inicialização - é neste módulo que são dadas todas as ordens de execução relativamente ao reconhecimento do sistema. O programa começa por ler **(a)** o ficheiro que contém toda a informação relevante para a definição do sistema (**3**, na Figura 5.10), e onde estão definidos componentes, espécies, parâmetros termodinâmicos, etc.. Após definido o sistema, **(b)** são lidas as ordens de execução relativamente à dependência do tempo, através de outra sub-rotina; **(c)** é lida a hidrologia, através do ficheiro de saída do programa HYDRO; **(d)** é inicializado o perfil do solo sendo lido o ficheiro que define a composição inicial da coluna de solo e da água da chuva e de rega; **(e)** é inicializada a matéria orgânica, sendo lido o ficheiro que define o perfil da matéria orgânica.

4 - Equilíbrio - através da execução de outra sub-rotina é calculada uma solução de equilíbrio para as condições iniciais do sistema.

A partir desta solução de equilíbrio é inicializada a dependência do tempo.

5 - Transporte e Cinética (ver Caixa) - **(a)** é inicializada a cinética do sistema, com várias sub-rotinas, onde são lidas as instruções relativamente aos parâmetros cinéticos do sistema; **(b)** são dados as entradas no sistema (**6** na Figura 5.10), nomeadamente a composição química e datas das regas, e a composição química e datas de aplicação dos efluentes. É calculada **(c)** a degradação da matéria orgânica, por execução de instruções relativas à natureza das substâncias orgânicas potencialmente presentes no solo e respectiva taxa de degradação. São considerados três tipos de substâncias orgânicas: **om1** - rapidamente biodegradável (taxa de mineralização) (0.1), **om2** - medianamente biodegradável (0.003) e **om3** - muito resistente à biodegradação (0.000015); **(d)** é calculada a nitrificação, por execução de outra sub-rotina, que considera como principais factores controladores deste processo, o teor em NH_4 , o teor em água, a temperatura e o pH; **(e)** é calculado o transporte gasoso (CO_2 e NH_3), de acordo com a lei de Fick; **(f)** é calculado o transporte de massa (Δ componente/ Δ t).

7 - Equilíbrio - é executada a sub-rotina relativa ao balanço iônico e, com o módulo de equilíbrio do programa CHARON (ponto 5.4.2), calculada uma solução para as condições de equilíbrio no fim do tempo t , ($\text{comp} = \text{comp}_{(t-\Delta t)} + \Delta \text{comp}/\Delta t$).

8 - Output - se $t > t_{\text{max}}$ é produzido um ficheiro final de saída, com gráficos e balanços de massa, que serão depois comparados com os resultados experimentais. A execução da sub-rotina gráfica, permite visualizar no monitor o desenvolvimento dos parâmetros pH, matéria orgânica dissolvida e cobre em solução ao longo do tempo t . Se $t = t + \Delta t$, a solução não é aceite e o programa corre novamente a partir da inicialização da dependência do tempo.

5.4.2 O Programa CHARON

CHARON é um modelo combinado, baseado em princípios de equilíbrio químico e de cinéticas dos processos. Assim, este modelo é composto de um módulo de equilíbrio químico, de um módulo de reacções de cinética lenta e de um módulo de transporte de massa. Esta combinação significa que o modelo pode ser usado em todos os sistemas onde equilíbrio químico, reacções lentas e/ou transporte, são processos essenciais.

O modelo é capaz de lidar com sistemas onde o transporte entre partes não homogêneas do sistema é importante. Essa heterogeneidade pode ser devida a valores diferentes das variáveis e/ou a diferentes intensidades dos processos.

O módulo de equilíbrio é baseado na conservação de massa e na lei de acção de massa. CHARON necessita, como entrada, das energias livres de Gibbs para todas as substâncias presentes no sistema de equilíbrio simulado. Assim, constroi substâncias a partir de componentes de modo que a energia Gibbs do sistema é minimizada (SMITS e DE ROOIJ, 1995).

O módulo de reacções lentas é usado fundamentalmente para simular a degradação da matéria orgânica. A degradação leva à produção e consumo de compostos, e consequentemente à modificação do equilíbrio químico.

O sistema solo-águas subterrâneas pode ser simulado tridimensionalmente, introduzindo camadas ou compartimentos. CHARON necessita de coeficientes de dispersão, para calcular as trocas de massa entre segmentos.

Assim, CHARON pode descrever muitas reacções, não apenas processos químicos, mas também processos físicos, tais como a difusão gasosa, ou processos biológicos como a decomposição de materiais orgânicos.

5.4.2.1 Módulo de Equilíbrio

Operando com o módulo de “Cálculo do Equilíbrio”, os cálculos são executados em sistemas fechados, onde a quantidade total de matéria é conhecida, embora não sejam conhecidas as respectivas espécies químicas. Assim, por exemplo, é conhecida a concentração total de Ca, mas este pode estar presente como Ca^{2+} , CaHCO_3^+ , CaCO_3 , etc.

O módulo de equilíbrio tem em conta dois tipos de equações:

- equações de balanço de massa;
- equações de acção de massa (minimização da energia livre de Gibbs)

A cada espécie é atribuído: i) potencial termodinâmico, função da energia livre de Gibbs (GFE) e da respectiva fracção molar. O potencial termodinâmico de uma espécie é uma indicação da relativa estabilidade dessa espécie (potenciais mais baixos correspondem a espécies mais estáveis); ii) Parâmetros-C, resultantes da conversão dos valores da energia livre de Gibbs (ver 5.4.2.2); e iii) coeficientes estequiométricos que dão o número de moles de um componente por mole de uma espécie (DE ROOIJ, 1991).

Assim, por exemplo:

Nome das espécies	ΔG_f^0 (kcal mol ⁻¹)	Parâmetro-C	Estequiometria	
H ⁺	0.0	0.0	1 H ⁺	
OH ⁻	-37.59	0.0	1 OH ⁻	
H ₂ O	-56.59	-40.26	1 OH ⁻	1 H ⁺
Cu ⁺⁺	15.67	0.0	1 Cu ⁺⁺	
CuOH ⁺	-30.52	-18.55	1 Cu ⁺⁺	1 OH ⁻

De acordo com a teoria de equilíbrio químico, em determinadas condições ambientais, um sistema só pode ter um único estado possível. Este estado é sempre atingido, independentemente da maneira como as diferentes partes do sistema se conjugam. Este estado é definido por um mínimo da energia livre de Gibbs total. Se o sistema sai do equilíbrio, ocorrem reacções entre as diferentes espécies do sistema, de acordo com a estequiometria dessas espécies. As reacções ocorrerão de tal maneira que a energia livre de Gibbs total voltará a ser mínima (DE ROOIJ, 1991).

Assim, o módulo de equilíbrio calcula a distribuição dos componentes (elementos químicos) do sistema nas diferentes espécies existentes, satisfazendo o balanço de massa e a lei de acção de massa (DE ROOIJ, 1991), i.e., minimizando a energia livre de Gibbs do sistema em equilíbrio, mantendo constantes as restrições do balanço de massa.

A adsorção é incluída como um processo de equilíbrio, através da incorporação do adsorvente e do metal adsorvido, como substâncias com energia livre de Gibbs.

5.4.2.2 Formulações Usadas no Módulo de Equilíbrio

Para calcular o equilíbrio, é necessário atribuir a cada espécie do sistema de equilíbrio um parâmetro GFE. CHARON necessita de parâmetros GFE adimensionais. Em termodinâmica, a unidade standard para a GFE é Kcal mol⁻¹ (ou KJ mol⁻¹). Estes valores são convertidos em parâmetros adimensionais, dividindo os valores pelo produto da constante dos gases R (1.98717 cal mol⁻¹ K⁻¹) e da temperatura absoluta no estado padrão (298.15 K) (BRIL e SALOMONS, 1990).

CHARON usa a convenção de Raoult para a unidade que exprime a concentração. Isto significa que todas as concentrações são expressas como moles pelo número total de moles de uma determinada fase (fracção molar). Em química, o estado padrão de uma substância dissolvida em água, é definido para o estado hipotético de infinita diluição e, ao mesmo tempo, para uma molalidade de 1 (convenção de Henry) (BRIL e SALOMONS, 1990).

Uma vez que CHARON segue a convenção de Raoult, os valores de GFE, que são tabelados para a convenção de Henry, têm que ser transformados. Isto é feito somando ao valor de $\Delta G_f^0 / RT$ o valor do logaritmo natural de 55.51 (1 Kg de água corresponde a 55.51 moles de água) (ver exemplo na caixa).

CÁLCULO DO VALOR DO PARAMETRO C

Por exemplo, na reacção



Se $\Delta G_f^0 = -81.39$ para o ZnOH^+ ; -35.186 para o Zn^{2+} e -37.594 para o OH^-

$$\ln K = -\frac{\Delta G_r}{RT} \quad \text{e} \quad \Delta G_r = \Delta G_{\text{Zn}^{2+}} + \Delta G_{\text{OH}^-} - \Delta G_{\text{ZnOH}^+} \quad [2] [3]$$

$$\Delta G_r = 8.61$$

$$\ln K = -14.54$$

$$K = 10^{-6.32}$$

$$C_{\text{ZnOH}^+} = C_{\text{Zn}^{2+}} + C_{\text{OH}^-} + \ln 10 * \text{Log} K - (n_{\text{prod}} - n_{\text{reag}}) * \ln 55.51 \quad [4]$$

Se $C_{\text{Zn}^{2+}} = 0$ e $C_{\text{OH}^-} = 0$

$$C_{\text{ZnOH}^+} = 0 + 0 + \ln 10 * (-6.32) - (2 - 1) * \ln 55.51 = -18.57 \quad [5]$$

Uma outra modificação muitas vezes aplicada aos parâmetros GFE para o CHARON é a atribuição de valores zero. Em termodinâmica, os valores zero da GFE são atribuídos aos elementos da Tabela Periódica. No entanto, esta escolha é arbitrária, uma vez que os valores de GFE são quantidades relativas. Assim, geralmente, e dependendo do problema, a atribuição de valores zero é feita de maneira diferente. Os parâmetros GFE do CHARON são designados por parâmetros-C (BRIL e SALOMONS, 1990).

No caso em estudo, para a definição do sistema foi estabelecida, arbitrariamente, a atribuição de valores zero para o parâmetro-C quando os cátions estão no seu estado máximo de dissociação e quando os aniões estão no seu estado máximo de dissociação. Assim, por exemplo, relativamente às espécies de Cu potencialmente presentes, considera-se $C = 0$ para a espécie Cu^{2+} , e todas as outras espécies deste metal, têm, obrigatoriamente valores de C diferentes de zero.

5.4.2.3 Sub-Rotina EXPERT

EXPERT é uma sub-rotina do programa matemático CHARON que permite ao utilizador trabalhar interactivamente. Utiliza o mesmo módulo de equilíbrio do programa, sendo no entanto estático no que se refere ao tempo. Esta sub-rotina, funciona com um ficheiro de entrada que define o sistema (Anexo A5), com a composição da solução do solo em cada amostragem, e para cada profundidade (uma vez que é estático), tendo um menu com várias opções que permitem, entre outras:

- Especificação e cálculo das actividades dos diferentes componentes em solução
- Calibração em função do pH
- Simulações das condições de equilíbrio para diferentes condições da solução (ex: diferentes valores de pH; diferentes concentrações de Cu, DOC, etc.).

5.4.3 Modelação do Sistema em Estudo

5.4.3.1 Pressupostos do Modelo

Para o desenvolvimento do modelo termodinâmico de previsão da solubilidade do cobre em condições naturais, foram considerados os seguintes pressupostos:

1. Equilíbrio químico: o modelo baseia-se no pressuposto que, em cada época de amostragem, o sistema solo estava em equilíbrio químico, no que se refere aos componentes e processos incluídos no modelo.
2. A matéria orgânica é a principal fase de troca para os metais: apesar do solo em questão apresentar um baixo nível de matéria orgânica, a fracção mineral fina é essencialmente

constituída por minerais de argila do tipo da caulinite (baixa CTC) e óxidos e hidróxidos de Fe e Al (baixíssima CTC). Assim, e sabendo que i) as substâncias húmicas possuem uma muito maior CTC, relativamente a igual teor de matéria mineral (ver Capítulo 3), e ii) a matéria orgânica do solo desempenha um papel proeminente na adsorção do cobre, foi assumido que a matéria orgânica é o principal contribuinte para a CTC destes solos.

3. Os metais extraídos com EDTA 0.05M equivalem aos metais permutáveis: o teor total de Al, Mn, Fe, Cu e Zn incluídos no modelo foram extabelecidos com base nos valores extraídos por uma solução de EDTA 0.05M.
4. A solubilidade do alumínio é descrita por equilíbrio com a gibbsite: uma vez que a solubilidade do Al pode ser importante em condições de acidez, foi incluído no modelo um excesso de gibbsite como fase sólida controladora da solubilidade do Al. A quantidade de gibbsite introduzida foi calculada para para um volume de solução do solo de 1 m³.

5.4.3.2 Dados de Campo

O modelo foi desenvolvido e testado em 16 épocas de amostragens, colhidas durante um período de 18 meses para profundidades variando de 0 a 20, 50 ou 100 cm (conforme esquema apresentado na Figura 5.5).

A especiação dos diferentes componentes na solução do solo foi calculada com base nos dados analíticos obtidos durante a monitorização do ensaio de campo, e que caracterizam bem o sistema, relativamente às principais espécies catiónicas (Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+), e aniónicas (PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , NO_3^- , Cl^-), bem como o DOC (carbono orgânico dissolvido).

Uma vez que, na solução do solo, a condição da neutralidade electroquímica tem que ser mantida, a quantidade total de catiões em formas iónicas deve igualar o teor total em formas aniónicas (inorgânicas + grupos funcionais acídicos dissociados das substâncias húmicas).

Para além destes parâmetros, foram também incluídos no modelo variáveis como o pH, condutividade eléctrica (EC), potencial redox, acidez e alcalinidade (a partir da qual foi calculada a concentração de CO_3^{2-}).

5.4.3.3 Constantes Termodinâmicas

Este caso de estudo foi modelado de acordo com a definição do sistema, apresentada no Anexo A5. O parâmetro-C é definido como zero para as espécies iónicas livres H^+ , OH^- , Cl^- , NO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , sendo calculado para as outras espécies seguindo os princípios anteriormente referidos.

A capacidade de complexação orgânica é representada pela componente HUM. A espécie HUM representa os locais de complexação “livres”, e tem, consequentemente, um valor zero para o parâmetro-C.

Os dados termodinâmicos usados no cálculo dos parâmetros-C, foram obtidos de BRIL e SALOMONS (1990), TURNER et al., (1981), SPOSITO e MATTIGOD (1980), LINDSAY (1979), SADIQ e LINDSAY (1979). No Anexo A6, está referido para cada espécie o valor de ΔG_f^0 e a respectiva fonte bibliográfica.

- **Espécies inorgânicas** - o modelo inclui 69 espécies inorgânicas dissolvidas, consistindo nas espécies iônicas livres e complexadas dos componentes do modelo H^+ , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , OH^- , Cl^- , NO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} . Os dados termodinâmicos utilizados para calcular o parâmetro-C, foram obtidos de BRIL e SALOMONS, 1990; TURNER et al., 1981; SPOSITO e MATTIGOD, 1980; LINDSAY, 1979.

Os precipitados incluídos no modelo foram: $Al(OH)_3$ (gibbsite), $Al(PO)_4$ (variscite), $Fe(OH)_3$ (amorfo), $Fe(PO)_4$ (strengite). Os valores termodinâmicos para estes sólidos foram retirados de LINDSAY, 1979.

- **Complexos orgânicos dissolvidos** - as constantes de complexação (e subsequentemente os parâmetros-C) para os complexos dissolvidos envolvendo cátions divalente e o DOC foram determinados a partir de dados de complexação de ácidos fúlvicos

TRANSPORTE DE SOLUTOS. EQUAÇÃO DE CONVECÇÃO-DISPERSÃO

De um modo geral, o transporte de solutos é resultado de três processos: difusão na fase aquosa, difusão na fase gasosa, e convecção combinada com dispersão hidrodinâmica.

O módulo de transporte e cinética dos processos no modelo SEKTRAS e SEKTRAS-Cu, recorre à equação de convecção-dispersão (CD), que é uma das mais utilizadas na descrição do transporte de solutos em meios porosos.

Para o transporte vertical mono-dimensional, a equação CD é:

$$\underbrace{\frac{\partial}{\partial t}(\rho_b S_i)}_{(a)} + \underbrace{\frac{\partial}{\partial t}(\Theta C_i)}_{(b)} = \underbrace{\frac{\partial}{\partial z} \left[\Theta D(\Theta, q) \frac{\partial C_i}{\partial z} \right]}_{(c)} - \underbrace{\frac{\partial}{\partial z}(q C_i)}_{(d)} \pm \underbrace{\Sigma \Phi}_{(e)} \quad [1]$$

onde i representa o soluto, S_i é a concentração de soluto adsorvido (expressa em unidades de massa, $M M^{-1}$), C_i é a concentração de soluto na fase líquida ($M L^{-3}$), Θ é o teor volumétrico de água ($L^3 L^{-3}$), ρ_b é a densidade aparente ($M L^{-3}$), q é o fluxo de água no solo ($L T^{-1}$), Φ representa fenómenos *sink/source* para o soluto ($M L^{-3} T^{-1}$), $D(\Theta, q)$ é o coeficiente de dispersão hidrodinâmica ($L T^{-2}$), que incorpora o efeito de dispersão mecânica e o de difusão molecular, de acordo com a expressão [2]:

$$D(\Theta, q) = \frac{D_p(\Theta)}{\Theta} + D_m(q) \quad [2]$$

D_m pode ser estimado,

$$D_m(q) = \lambda \cdot v, \quad [3]$$

$v = \frac{q}{\Theta}$, é a velocidade da água nos poros e λ (L) é a dispersividade, que depende da natureza do meio e da escala de observação. $D_p(\Theta)$ é o coeficiente efectivo de difusão, que pode ser avaliado de acordo com:

$$D_p(Q) = D_0 a \exp(bQ) \quad [4]$$

D_0 é a difusão molecular ou iónica em solução, a e b são duas constantes empíricas.

Os diferentes termos na equação [1], estão relacionados com:

- Termo (a): variação da concentração de soluto adsorvido ao longo do tempo
- Termo (b): variação da concentração de soluto na fase líquida ao longo do tempo
- Termo (c): transferência devida a dispersão hidrodinâmica
- Termo (d): transferência convectiva
- Termo (e): fenómenos *sink/source*

O transporte de poluentes na fase gasosa é descrito com base na lei de Henry e na difusão molecular.

(Extraído de YARON et al., 1996)

Capítulo 6

ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A análise e discussão dos resultados não segue a ordem estabelecida para a apresentação dos procedimentos experimentais. No Capítulo 5, a descrição da experimentação seguiu escalas cada vez menores, isto é, da macro-escala para a micro-escala, terminando na modelação. A opção resulta de se considerar que os ensaios de campo constituem a parte central deste estudo e que os ensaios laboratoriais, complementares, foram realizados para apoiar e solidificar potenciais resultados obtidos no campo, bem como a sua interpretação e posterior modelação matemática. Com a modelação procuram-se obter simulações e projecções do sistema estudado, a curto, médio ou longo-prazo, com base na observação experimental desenvolvida nas fases anteriores.

No entanto, no presente Capítulo, prefere-se partir do particular para o geral, ou seja, apresentar e discutir em primeiro lugar os resultados laboratoriais, que caracterizam pequenas fracções do sistema, para em seguida, e com base nos dados globais do estudo, descrever e discutir o comportamento observado nos talhões experimentais. Por último, e pelas razões anteriormente expostas, serão apresentados os resultados obtidos com a aplicação ao sistema do modelo SEKTRAS-Cu.

6.1 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

6.1.1 ENSAIOS DE ADSORÇÃO

6.1.1.1 Cinética de Equilíbrio

A Figura 6.1 mostra a cinética da adsorção do Cu¹ e a respectiva curva de ajustamento, para os tempos de equilíbrio considerados².

A análise estatística dos resultados (Quadro 6.1) mostra que, para tempos de agitação superiores a 24 horas, os acréscimos da adsorção de metal no solo só foram significativos a partir de 96 horas, verificando-se que, ao fim de 24 horas, cerca de 19% do Cu ficava retido no solo. De acordo com estes resultados foi considerado um tempo de equilíbrio de 24 horas.

¹ Os resultados obtidos estão apresentados no ANEXO A7.

² 0.5; 1; 2; 4; 8; 16; 24; 32; 48; 96; 192 e 336 horas.

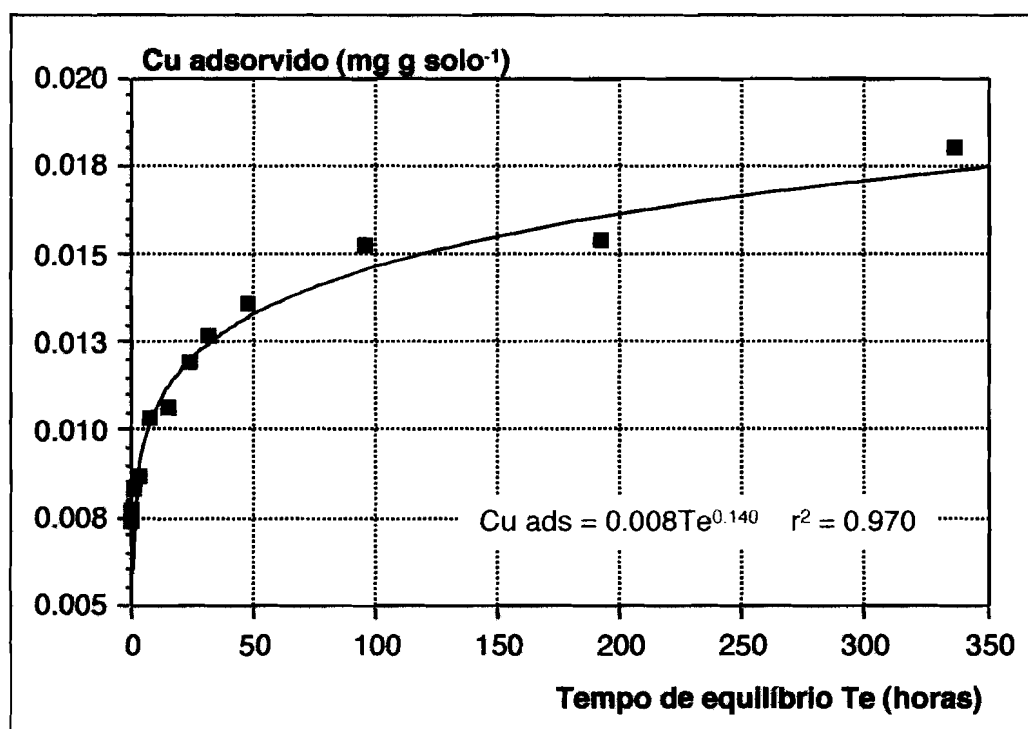


Figura 6.1 - Cinética da adsorção do cobre (para uma adição inicial de 3ppm de Cu)

Embora 24 horas de equilíbrio não fosse significativamente diferente de 8 ou 16 horas, ou de 32 e 48 horas, foi, no entanto, o tempo escolhido, conciliando a garantia de atingir o equilíbrio com a otimização da execução do plano experimental.

Quadro 6.1 - Resultados da análise de variância. Teste de Scheffe.

	0.5	1	2	4	8	16	24	32	48	96	192	336
0.5		NS	NS	NS	S***	S***	S***	S***	S***	S***	S***	S***
1			NS	NS	S***	S***	S***	S***	S***	S***	S***	S***
2				NS	S*	NS	S***	S***	S***	S***	S***	S***
4					S*	NS	S***	S***	S***	S***	S***	S***
8						NS	NS	NS	S**	S***	S***	S***
16							NS	NS	S***	S***	S***	S***
24								NS	NS	S***	S***	S***
32									NS	S**	S**	S***
48										NS	NS	S
96											NS	S*
192												S
336												

NS - não significativo; S - significativo; *** significativo para uma probabilidade superior a 99.9%; ** significativo para uma probabilidade superior a 99.5%; * significativo para uma probabilidade superior a 95%.

Resultados semelhantes são referidos por vários autores (STRECK e RICHTER, 1997; BASTA e TABATABAI, 1992; RIBEIRO, 1992; LEHAMANN e HARTE, 1984; HARTE, 1983, 1979; MAGUIRE et al., 1981; McLAREN and CRAWFORD, 1973a), que consideraram também tempos de equilíbrio de 24 horas. No entanto, relativamente à literatura consultada, podem encontrar-se tempos de reacção que vão desde 25/30 minutos (HUANG et al., 1988; FORBES et al., 1976) a 48 horas (CAVALLARO e McBRIDE, 1984) e mesmo 60 horas (GERRITSE e VAN DRIEL, 1984).

Verifica-se ainda na Figura 6.1, e tal como constatado noutros trabalhos, (MSAKY e CALVET, 1990; ARINGHIERI et al., 1985; CAVALLARO e McBRIDE, 1978; KINNIBURGH et al., 1976), que durante o processo de adsorção, se podem observar duas fases: i) uma fase inicial rápida (que pode ir de minutos a algumas horas) durante a qual a adsorção aumenta devido a uma maior acessibilidade dos grupos funcionais de superfície, à qual se segue ii) uma fase mais lenta geralmente interpretada como resultado de processos de difusão lenta no interior das estruturas minerais.

6.1.1.2 Adsorção do Cobre

As Figuras 6.2 e 6.3 mostram a variação do Cu adsorvido, relativamente ao Cu adicionado, para os diferentes valores de pH estudados³. Para as condições experimentais usadas, verifica-se que, na generalidade, as quantidades adsorvidas aumentam com o pH, sendo esse incremento particularmente significativo para valores de pH superiores a 4.5.

Este efeito do pH é bem conhecido, tendo sido referido por vários autores (TEMMINGHOFF, 1998; TEMMINGHOFF et al., 1994; MSAKY e CALVET, 1990; GERRITSE e VAN DRIEL, 1984; HARTE, 1983; BARROW et al., 1981; MAGUIRE et al., 1981).

BARROW et al., 1981, referem mesmo que pequenos incrementos de pH (pouco mais de uma unidade) podem induzir consideráveis aumentos na taxa de adsorção. Nos ensaios realizados, verificou-se um comportamento semelhante, sendo evidente a variação quando se compara a adsorção a pH 3.5 com as adsorções encontradas para pH 4.5 e superiores.

Para baixas concentrações de adição de Cu (inferior a 0.6 ppm), a adsorção deste metal é muito elevada (78 a 82% de adsorção para valores de pH entre 4.5 e 6.5), à excepção dos valores registados a pH 3.5, em que a percentagem de adsorção foi de apenas 56%.

A Figura 6.4, ilustra o que foi anteriormente referido, e mostra ainda que, para além do aumento da taxa de adsorção com o pH (para iguais adições de Cu), com o aumento da concentração de cobre na solução diminui a percentagem de Cu adsorvido, desde valores

³ Os resultados obtidos estão apresentados nos ANEXOS A8.1 (valores médios) e A8.2 (resultados globais).

de 13.8% (pH 3.5) a 34.8% (pH 6.5). Assim, e durante o tempo de equilíbrio considerado, elevadas adições de Cu levaram a uma permanência de elevados níveis deste metal em formas solúveis (86.2% a 65.2%, para os mesmos valores de pH).

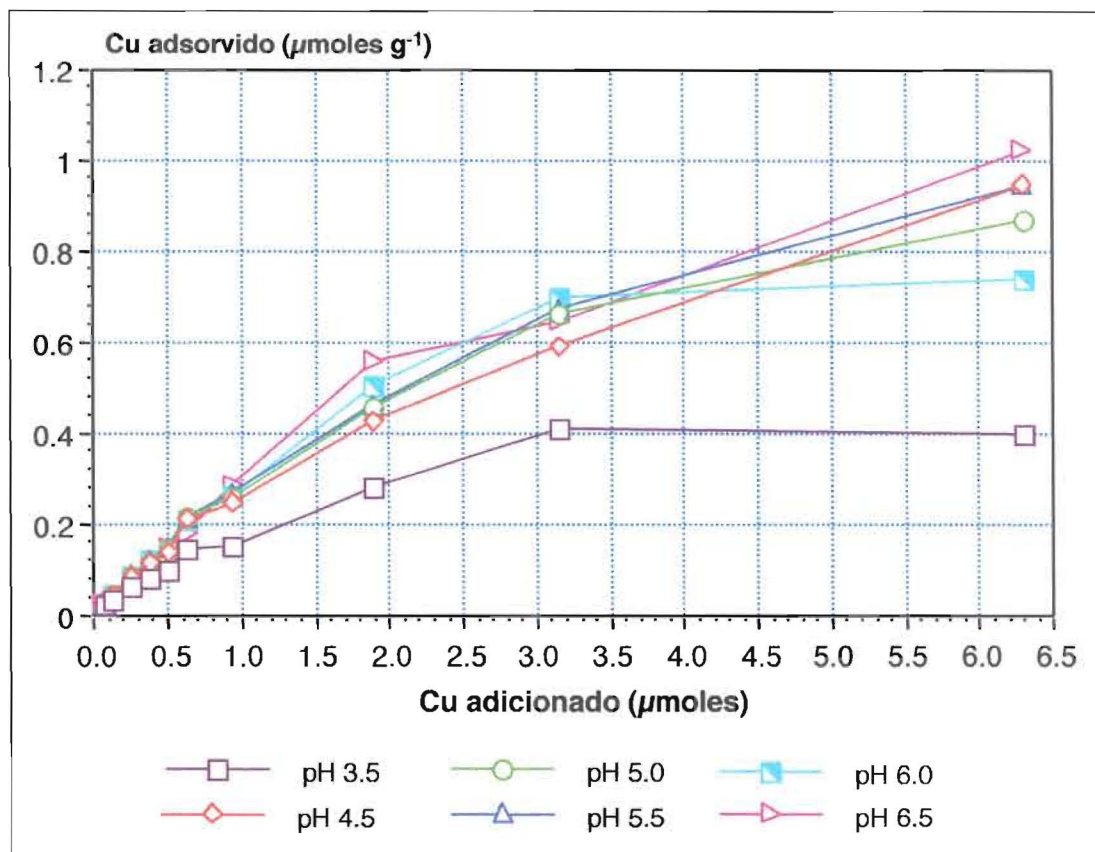


Figura 6.2 - Adsorção do Cu, para os vários níveis de adição deste metal, em função dos valores de pH

Outros autores como MSAKY e CALVET, 1990, referem maiores taxas de remoção do Cu, mesmo para condições experimentais menos extremas (intervalo de concentração de cobre mais elevado, 1.0 μ moles a 7.5 μ moles por g de solo; intervalos de pH mais altos, 4.0 a 7.0)

Estas observações sugerem uma capacidade limitada de adsorção de Cu pelo solo em estudo, uma vez que, mesmo para concentrações de Cu muito baixas, em condições de franca acidez, apenas 52 a 58% do Cu são adsorvidos, o que em parte está de acordo com fraca reactividade química do solo. Do mesmo modo, para valores de pH mais elevados (pH 6.5), a percentagem de adsorção varia entre cerca de 86%, para 0.06 μ M de adição de Cu, e cerca de 44% ou 35% para uma adição de 3.15 μ M ou 6.29 μ M de Cu, respectivamente.

Isto significa que, mesmo para condições de maior imobilização do Cu, como são as que resultam de uma subida do pH, mais de 50% do Cu pode permanecer em solução e, portanto, ser sujeito a fenómenos de transporte e absorção, quando a sua aplicação excede $3 \mu\text{M}$ (aproximadamente 5 ppm).

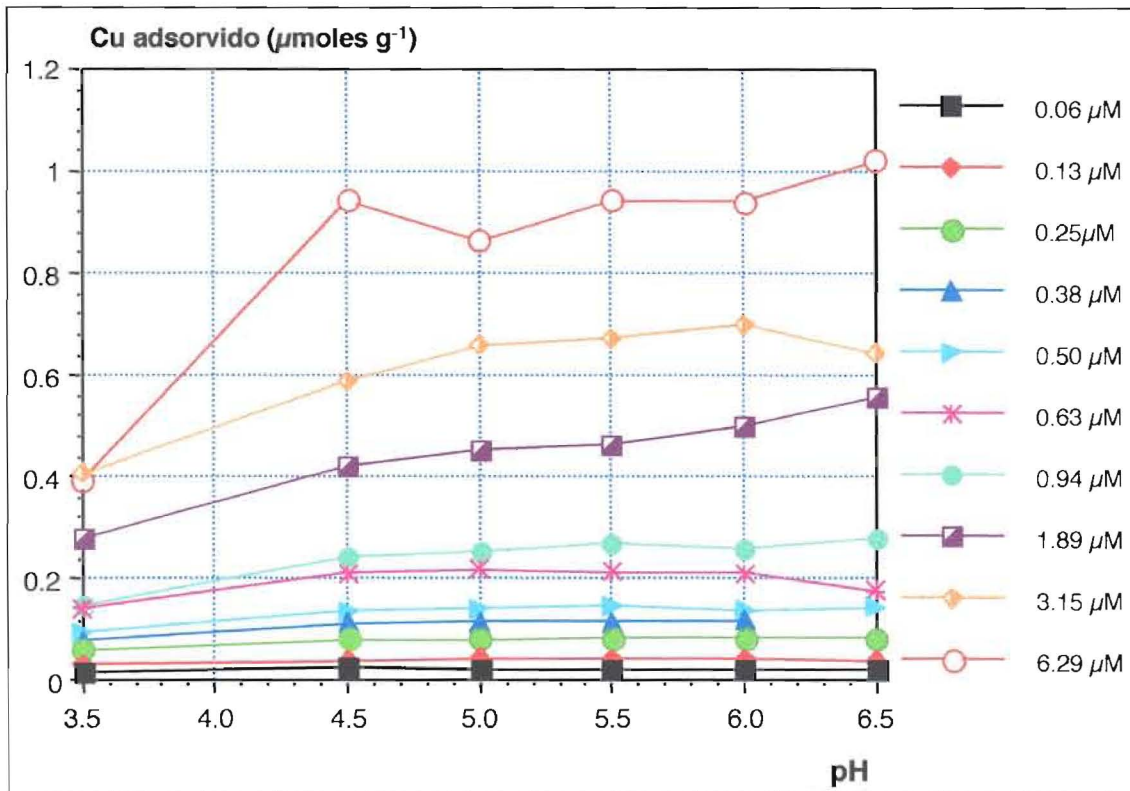


Figura 6.3 - Adsorção do Cu em função do pH, para os vários níveis de adição de metal.

A baixa taxa de adsorção encontrada a pH 3.5 é, provavelmente, explicada por vários mecanismos.

1. A CTC destes solos é essencialmente atribuída a fases sólidas cuja electronegatividade é dependente do pH (nomeadamente a matéria orgânica e os óxidos e hidróxidos de Fe e Al), uma vez que o mineral de argila dominante, a caulinite, para além de presente em teores muito baixos, é caracterizada por uma CTC muito baixa e não dependente do pH. Assim, para valores de pH da ordem dos 3.5, a CTC da matéria orgânica é fortemente reduzida e a fracção de óxidos e hidróxidos apresenta um predomínio de cargas positivas, não contribuindo, portanto para a CTC. Isto significa que, em condições de forte acidez, se verifica uma diminuição dos grupos reactivos de superfície (por protonação dos grupos funcionais orgânicos), restringindo, portanto, a adsorção de metais.
2. Para os valores de pH estudados, verifica-se uma solubilização do Al, que compete fortemente com o Cu para os locais de adsorção, diminuindo a adsorção deste metal.

3. Pode também admitir-se que, para valores de pH muito baixos, diminui a hidrólise do Cu (sendo a espécie metálica predominante a forma iónica livre, Cu^{2+}), diminuindo consequentemente a afinidade deste metal para a formação de complexos de superfície.

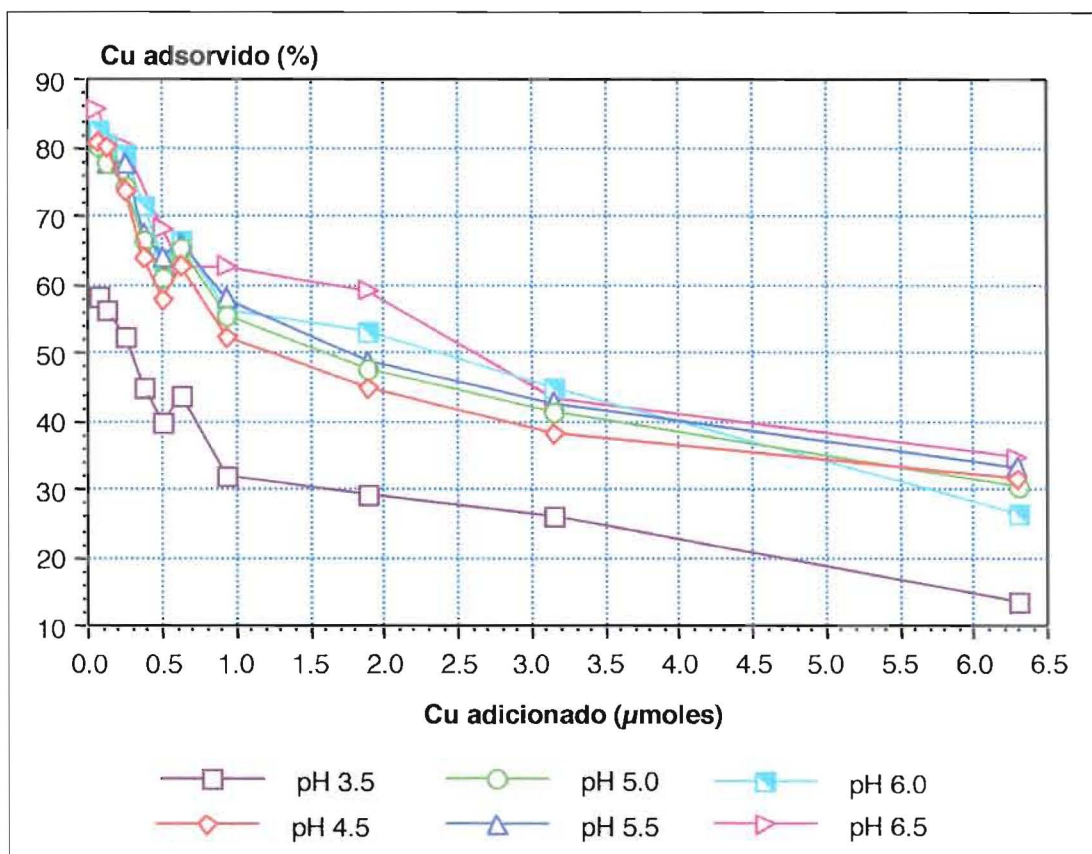


Figura 6.4 - Adsorção do Cu, expressa em percentagem do metal adicionado.

Autores como JANSSEN et al., 1997, NEDERLOF et al., 1997, VAN RIEMSDIJK, 1997, VAN RIEMSDIJK e VAN DER ZEE, 1989, referem que a diminuição do pH leva a uma menor CTC e a uma redução da afinidade dos hidróxidos de Al para os iões metálicos e que a diminuição da capacidade de ligação de MP é acentuada pelo aumento da competição com o Al^{3+} , relativamente aos grupos funcionais de superfície. De acordo com NEDERLOF et al., 1997, estes efeitos afectam sobretudo os metais presentes em baixas concentrações. KUITERS et al., 1997, por sua vez, verificaram uma redução da capacidade de ligação de MP devida a um aumento da protonação dos grupos funcionais orgânicos.

MSAKY e CALVET, 1990, sugerem ainda que a dependência da adsorção relativamente ao pH pode estar também relacionada com a afinidade das espécies metálicas para as cargas de superfície, referindo que as espécies monohidroxiladas (CuOH^+), têm elevada afinidade de superfície, sendo por isso fortemente adsorvidas (v. Capítulo 3).

Com a adsorção de Cu observou-se uma descida no pH de equilíbrio (Figura 6.5). KURDI e DONER, 1983, obtiveram resultados semelhantes, verificando ainda que essa descida de pH era acompanhada por uma libertação de Mn. Segundo aqueles autores, a libertação de prótons é, provavelmente, originada por reacções de troca e pela hidrólise de iões metálicos, estando a adsorção de Cu directamente relacionada com a diminuição do pH e com o aumento da concentração de Mn em solução, o que sugere uma maior afinidade do Cu para os locais de adsorção.

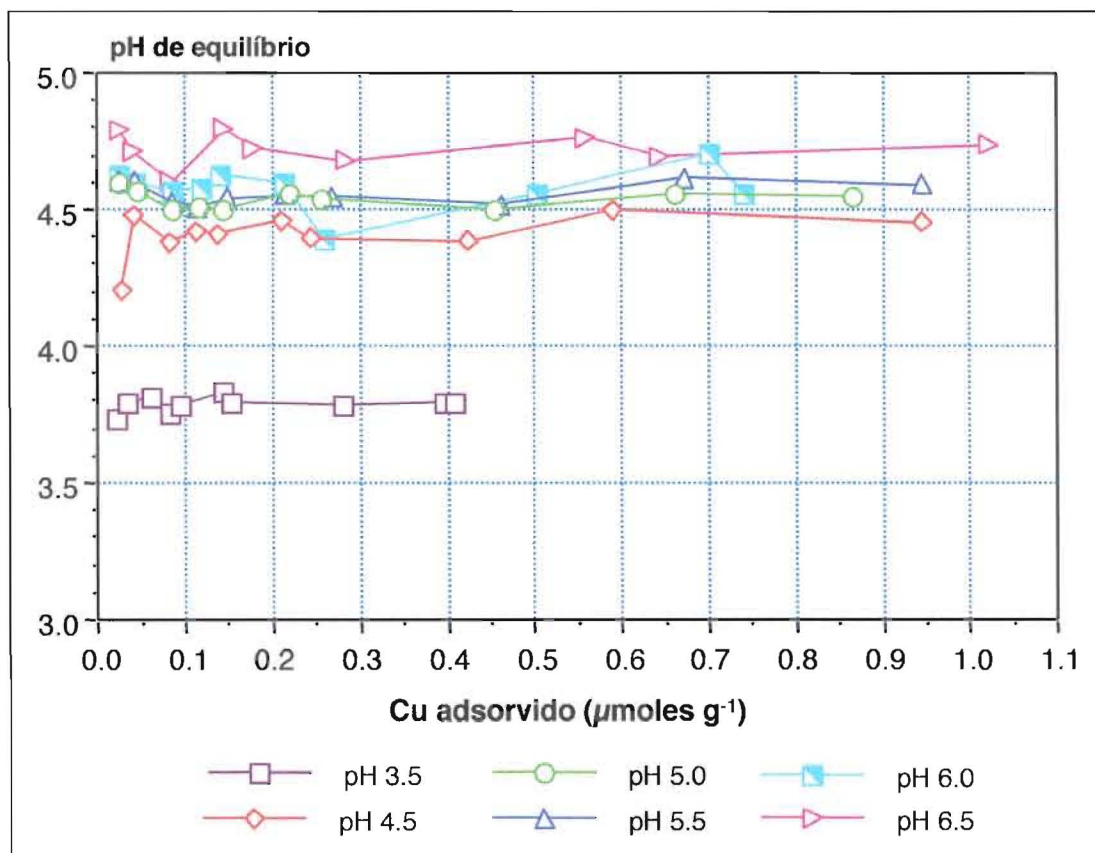


Figura 6.5 - pH de equilíbrio, para as diferentes condições experimentais.

6.1.1.3 Isotérmicas de Adsorção⁴

As Figuras 6.6 e 6.7 mostram as isotérmicas de adsorção do Cu, em função do Cu total dissolvido (Figura 6.6) e em função da actividade do ião Cu^{2+} (Figura 6.7). O melhor ajustamento foi obtido com as equações de Freundlich, tanto na sua forma não linear como na sua forma linear.

A partir da forma das isotérmicas pode observar-se que o coeficiente de distribuição K_d varia com a quantidade de metal adsorvido, verificando-se que este atinge o seu menor valor para os valores de pH mais baixos (pH 3.5).

⁴ O cálculo da actividade do Cu encontra-se apresentado no ANEXO A8.3.

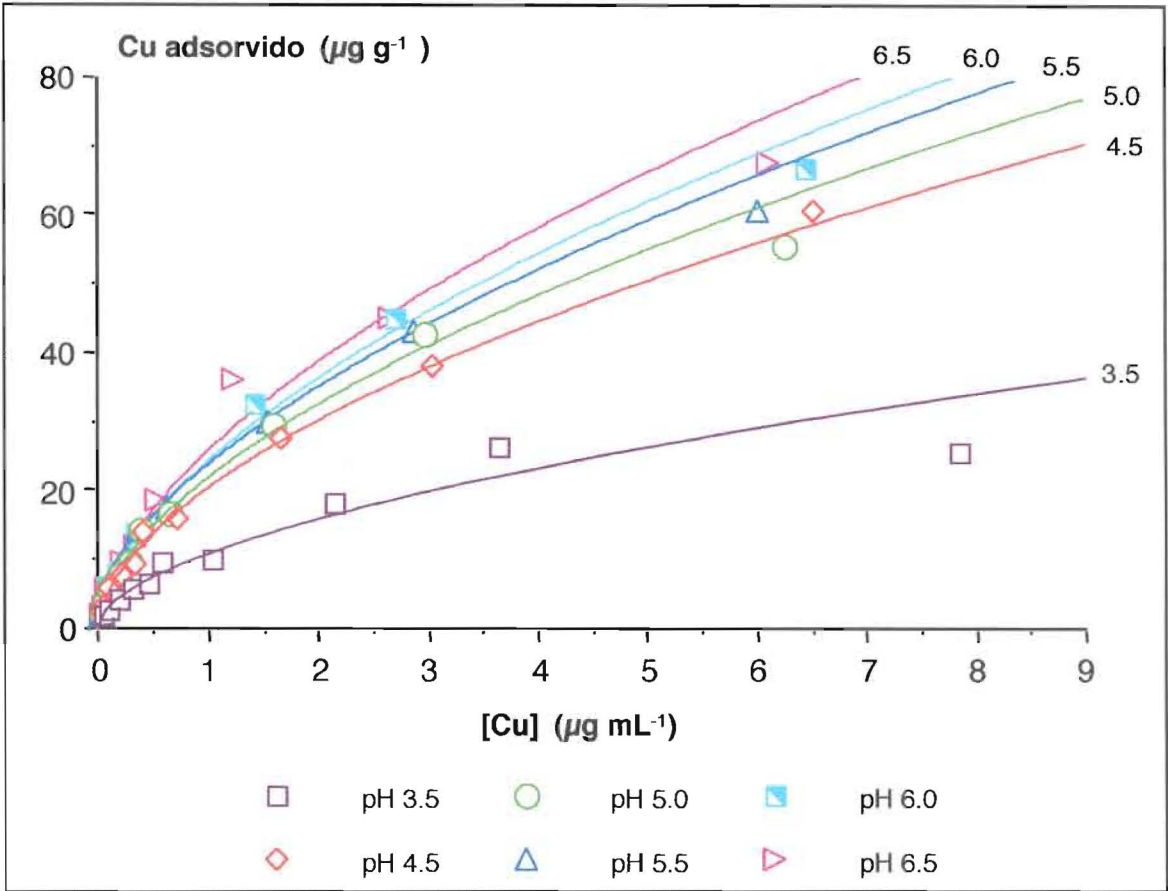


Figura 6.6 - Isotérmicas de adsorção do Cu em função do Cu total dissolvido

No Quadro 6.2 estão descritas as equações das isotérmicas para os diferentes valores de pH estudados.

Quadro 6.2 - Isotérmicas de Freundlich em função do Cu total adsorvido
Modelo não linear ($Q = K_d C^B$)

pH	Isotérmicas de Freundlich - Modelo não linear	R ²
3.5	$Q_{Cu} = 10.732Cu^{0.554}$	0.977
4.5	$Q_{Cu} = 20.402Cu^{0.564}$	0.995
5.0	$Q_{Cu} = 21.578Cu^{0.579}$	0.994
5.5	$Q_{Cu} = 22.940Cu^{0.585}$	0.995
6.0	$Q_{Cu} = 24.125Cu^{0.584}$	0.993
6.5	$Q_{Cu} = 25.648Cu^{0.587}$	0.992

De acordo com os valores de K_d indicados no Quadro 6.2, verifica-se que para valores de pH superiores a 4.5 a influência do pH na taxa de adsorção se reduz muito significativamente. Este efeito é ainda mais saliente quando se lineariza o modelo de Freundlich (Figura 6.8).

Uma das causas prováveis dos resultados observados, pode estar associada à abordagem utilizada (Cu adsorvido vs. Cu em solução), na qual não são considerados efeitos tais como a influência do DOC no Cu que permanece em solução. Estes efeitos são particularmente importantes no estudo do Cu, uma vez que, tal como referido no Capítulo 3, se trata de um MP em que a acção da matéria orgânica é determinante no seu comportamento.

Considerando o intervalo de pH estudado (pH 3.5 a pH 6.5), a complexação Cu-DOC terá, teoricamente, uma acção significativamente crescente com a subida do pH.

Por este motivo, procurou-se qualificar e, de algum modo, quantificar, o efeito do DOC durante o processo de adsorção do Cu, seguindo-se a metodologia referida no Capítulo 5.

A Figura 6.7 mostra as isotérmicas de adsorção do Cu expressas em função da actividade do Cu livre.

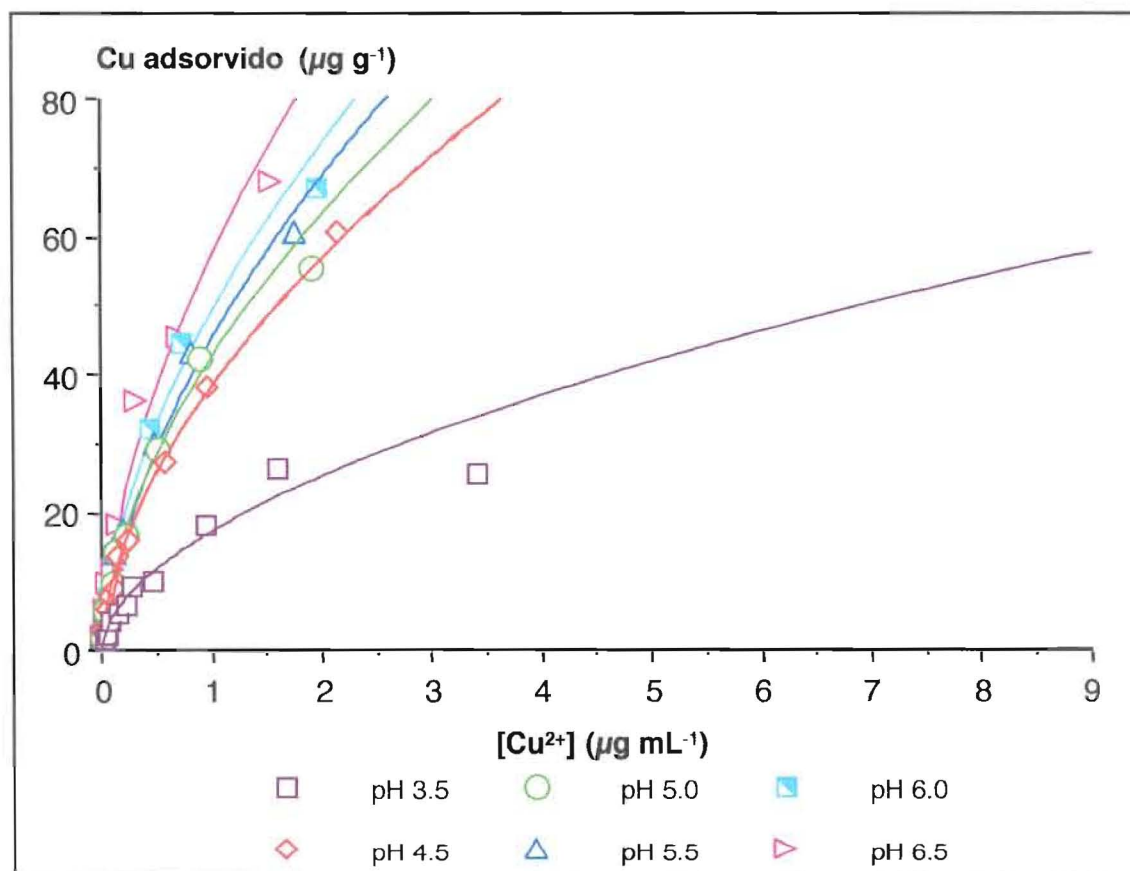


Figura 6.7 - Isotérmicas de adsorção do Cu em função da actividade do Cu²⁺.

Comparando a Figura 6.7 com a Figura 6.6, em que a adsorção é expressa em função do Cu total em solução, é notório que a extensão da adsorção aumenta mais fortemente com o pH quando expressa relativamente ao ião Cu^{2+} .

A proporção de Cu presente como Cu^{2+} , isto é, a actividade do Cu, diminuiu com o aumento do pH (para iguais níveis de adição deste metal), uma vez que a maior concentração e o aumento da desprotonação do DOC em solução resultou numa maior complexação DOC-Cu. Do mesmo modo, a actividade do Cu^{2+} aumentou com a concentração de Cu, a pH constante, uma vez que, tal como foi anteriormente referido, este tipo de solos tem uma baixa reactividade química, sendo limitado o número de posições de adsorção.

SANDERS, em 1982, trabalhando com solos arenoso-francos, refere resultados semelhantes, ao estudar o efeito do pH na concentração de Cu e Cu^{2+} em solução.

No Quadro 6.3 estão descritas as equações das isotérmicas para os diferentes valores de pH estudados, em função da actividade do Cu^{2+} .

Quadro 6.3 - Isotérmicas de Freundlich em função da actividade do Cu^{2+} .

Modelo não linear ($Q = K_d C^b$)

pH	Isotérmicas de Freundlich - Modelo não linear	R^2
3.5	$Q_{\text{Cu}} = 17.023(\text{Cu}^{2+})^{0.556}$	0.977
4.5	$Q_{\text{Cu}} = 38.140(\text{Cu}^{2+})^{0.572}$	0.993
5.0	$Q_{\text{Cu}} = 42.328(\text{Cu}^{2+})^{0.576}$	0.994
5.5	$Q_{\text{Cu}} = 46.252(\text{Cu}^{2+})^{0.587}$	0.995
6.0	$Q_{\text{Cu}} = 48.955(\text{Cu}^{2+})^{0.583}$	0.992
6.5	$Q_{\text{Cu}} = 56.975(\text{Cu}^{2+})^{0.589}$	0.992

Comparando os valores de K_d indicados nos Quadros 6.2 e 6.3, facilmente se verifica que a segunda abordagem, ao ter em conta fenómenos de complexação na actividade do Cu, permite uma melhor distinção dos efeitos do pH no próprio processo de adsorção. Este aspecto é claramente observável na Figura 6.9, onde a adsorção, expressa em função da actividade do Cu^{2+} , se encontra linearizada.

A comparação das Figuras, 6.8 e 6.9, mostra de forma clara, como o processo de adsorção pode ser de difícil interpretação e mesmo sub-estimado quando se usa a concentração de Cu total dissolvido e não a sua actividade.

BRIL, 1995, e REINDS et al., 1995, salientam a importância de problemas/erros desta natureza na interpretação de resultados de adsorção, e a sua relevância quando esses erros/resultados são transpostos (e magnificados) para modelos matemáticos.

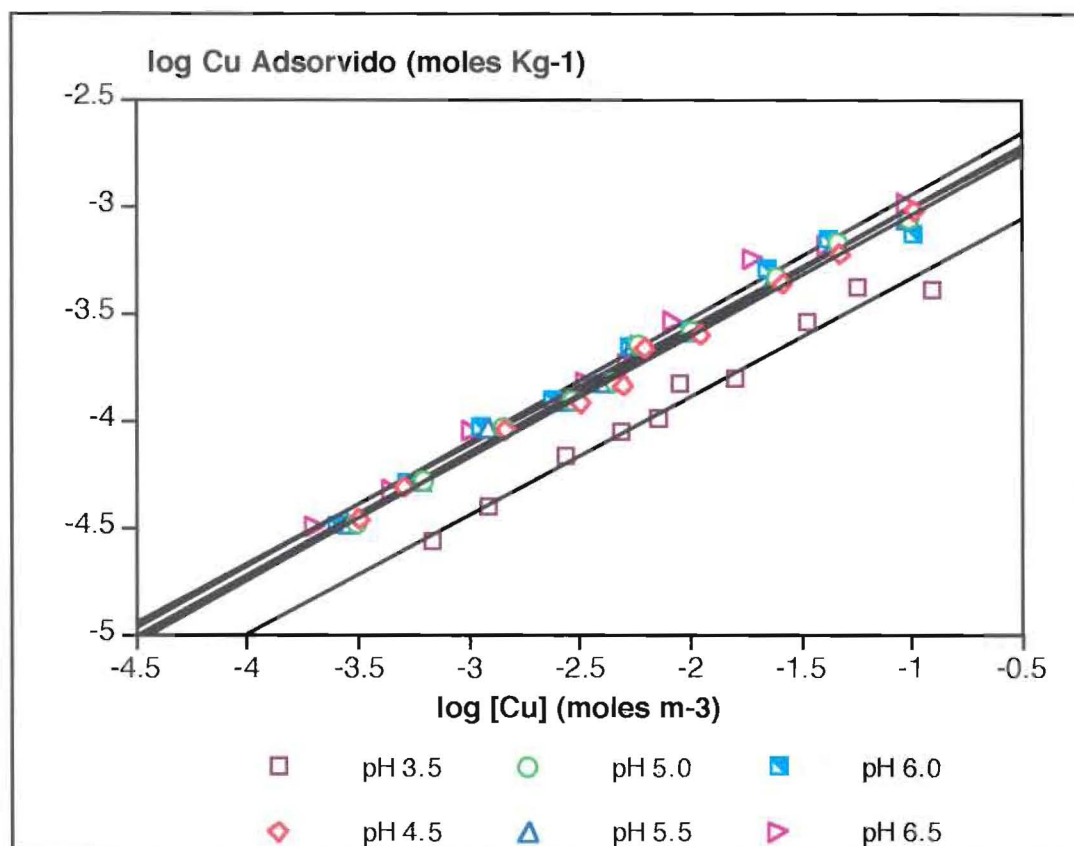


Figura 6.8 - Isotérmicas de adsorção do Cu em função do Cu total dissolvido. Linearização da equação de Freundlich

Nos Quadros 6.4 e 6.5 encontram-se descritas as equações de adsorção, de acordo com a linearização da equação de Freundlich. Os valores de K_d apresentados foram convertidos de $\left(\frac{\text{moles Cu adsor. / Kg solo}}{\text{moles Cu sol. / m}^3 \text{ sol.}}\right)$ para $\left(\frac{\text{mg Cu adsor. / g solo}}{\text{mg Cu sol. / L sol.}}\right)$.

Quadro 6.4 - Isotérmicas de Freundlich em função do Cu total adsorvido

Modelo linear ($\log Q = \log K_d + \beta \log C$)

pH	Isotérmicas de Freundlich - Modelo linear	K_d	R^2
3.5	$\log Q_{Cu} = -2.773 + 0.554 \log Cu$	0.107	0.977
4.5	$\log Q_{Cu} = -2.475 + 0.565 \log Cu$	0.213	0.994
5.0	$\log Q_{Cu} = -2.428 + 0.577 \log Cu$	0.237	0.994
5.5	$\log Q_{Cu} = -2.425 + 0.572 \log Cu$	0.239	0.993
6.0	$\log Q_{Cu} = -2.453 + 0.572 \log Cu$	0.224	0.981
6.5	$\log Q_{Cu} = -2.361 + 0.579 \log Cu$	0.277	0.991

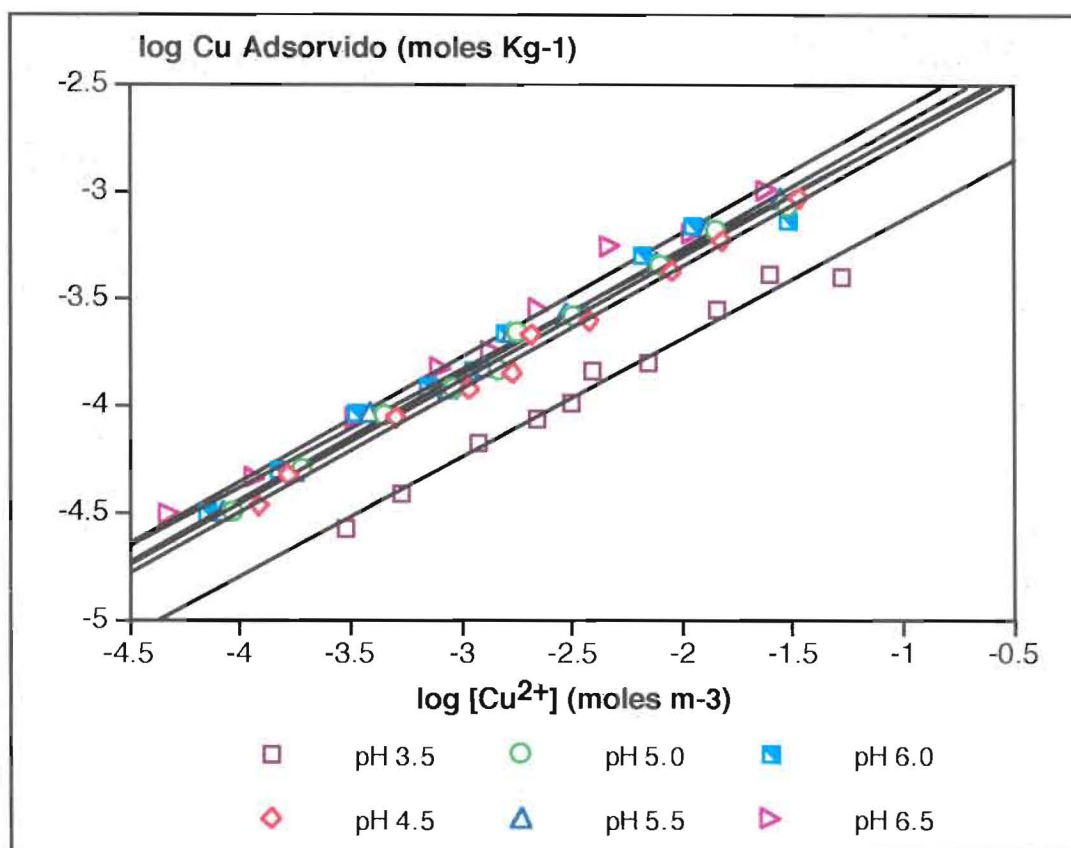


Figura 6.9 - Isotérmicas de adsorção do Cu em função da concentração de Cu^{2+} .
Linearização da equação de Freundlich

A comparação dos Quadros 6.4 e 6.5 mostra, à semelhança dos respectivos gráficos (Figuras 6.8 e 6.9), que o processo de adsorção descrito pela actividade do cobre, traduz de modo mais claro e evidente a dependência do pH.

Quadro 6.5 - Isotérmicas de Freundlich em função da actividade do Cu^{2+} .

Modelo linear ($\log Q = \log K_d + \beta \log C$)

pH	Isotérmicas de Freundlich - Modelo linear	Kd	R ²
3.5	$\log Q_{\text{Cu}} = -2.570 + 0.556 \log(\text{Cu}^{2+})$	0.171	0.977
4.5	$\log Q_{\text{Cu}} = -2.190 + 0.572 \log(\text{Cu}^{2+})$	0.410	0.993
5.0	$\log Q_{\text{Cu}} = -2.138 + 0.576 \log(\text{Cu}^{2+})$	0.462	0.994
5.5	$\log Q_{\text{Cu}} = -2.080 + 0.587 \log(\text{Cu}^{2+})$	0.529	0.995
6.0	$\log Q_{\text{Cu}} = -2.168 + 0.551 \log(\text{Cu}^{2+})$	0.432	0.979
6.5	$\log Q_{\text{Cu}} = -2.019 + 0.580 \log(\text{Cu}^{2+})$	0.608	0.991

Para a descrição global do processo de adsorção no solo em estudo, em função do pH e concentração de Cu, verificou-se que o melhor ajustamento se obteve com a linearização da equação de duas espécies de Freundlich, TSF, (*Two species Freundlich equation*), em que $\log Q_{Cu}$ corresponde à variável dependente e o $\log Cu^{2+}$ e o pH foram consideradas como variáveis independentes, $\log Q_{Cu} = \log K + n \log Cu^{2+} + m pH$.

Uma aproximação a este ajustamento pode ser visualizado através da Figura 6.10, em que o Cu adsorvido é explicado pelo $[\log(Cu^{2+}) + pH]$, com um $R^2 = 0.98$. Este ajustamento corresponde à relação entre a adsorção de Cu e a presença da espécie hidroxilada $Cu(OH)^+$, cuja concentração não traduz senão a influência do pH⁵. Assim, na Figura 6.10 para além da equação da regressão linear do gráfico representado, está também referida a equação obtida em função da concentração de $Cu(OH)^+$.

Resultados semelhantes foram obtidos por MSAKY e CALVET, 1990. De acordo com estes autores, e também de acordo com BARROW, 1987, as isotérmicas de adsorção deverão poder ser descritas por uma única curva, qualquer que seja o valor de pH considerado, quando as espécies monohidroxiladas controlam a adsorção do metal.

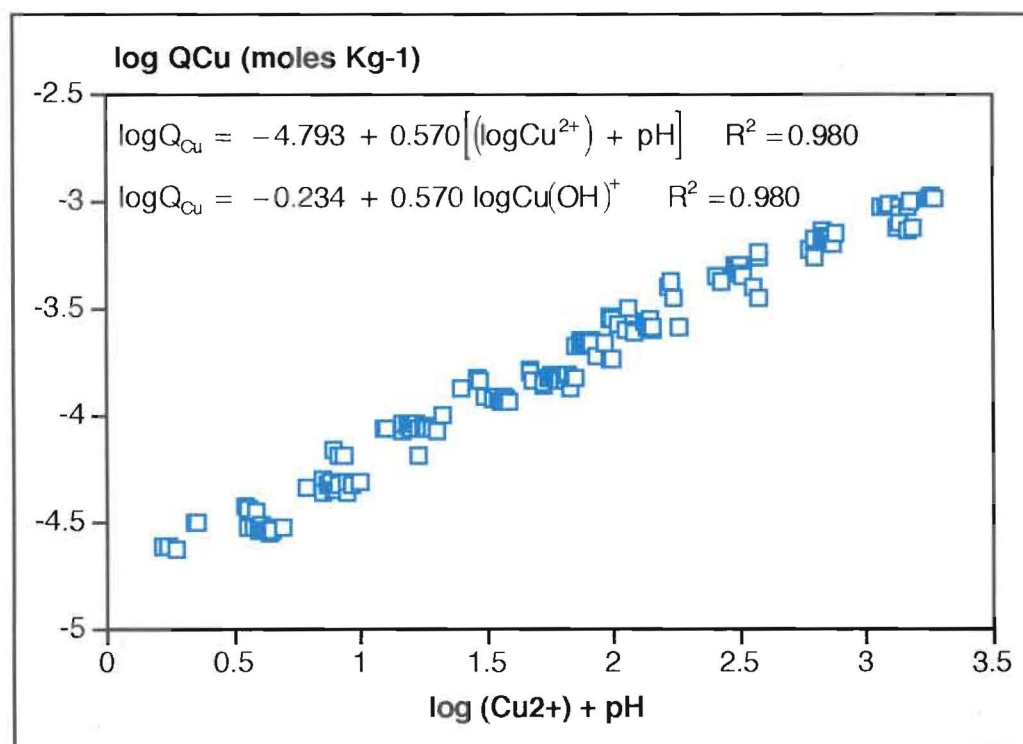


Figura 6.10 - Variação da adsorção de Cu em função do $\log Cu^{2+} + pH$.

No Quadro 6.6 apresentam-se os parâmetros da regressão múltipla, relativa ao ajustamento da equação TSF.

⁵ $Cu(OH)^+ = K \cdot a_{Cu} \cdot a_{OH^-}$; $\log Cu(OH)^+ = \log K + (\log a_{Cu} + pH)$; $\log K = -8.0$ (STUMM e MORGAN, 1981).

O coeficiente de correlação ($R^2 = 0.984$) mostra que a adsorção do Cu pode ser razoavelmente bem descrita pela equação TSF.

Quadro 6.6 - Parâmetros da regressão linear múltipla TSF (172 pontos)

Parâmetros	Coefficientes
Intercepção	-4.357 ± 0.063
LogCu^{2+}	0.579 ± 0.006
pH	0.477 ± 0.014
R^2 ajustado	0.984
Resíduos	0.058

$$\log Q_{\text{Cu}} = -4.357 + 0.579 \log \text{Cu}^{2+} + 0.477 \text{pH}$$

A utilização desta equação, e o seu bom ajustamento, tem a vantagem de, tal como referido anteriormente, considerar a influência do pH na adsorção do Cu. Tal como sugere o modelo, todos os efeitos do pH são descritos pelo termo $(\text{H}^+)^{0.477}$. Assim, o produto de Q_{Cu} por este factor, representado graficamente em função da actividade do Cu deveria constituir uma única curva para todos os valores de pH considerados, o que pode constatar-se pela Figura 6.11.

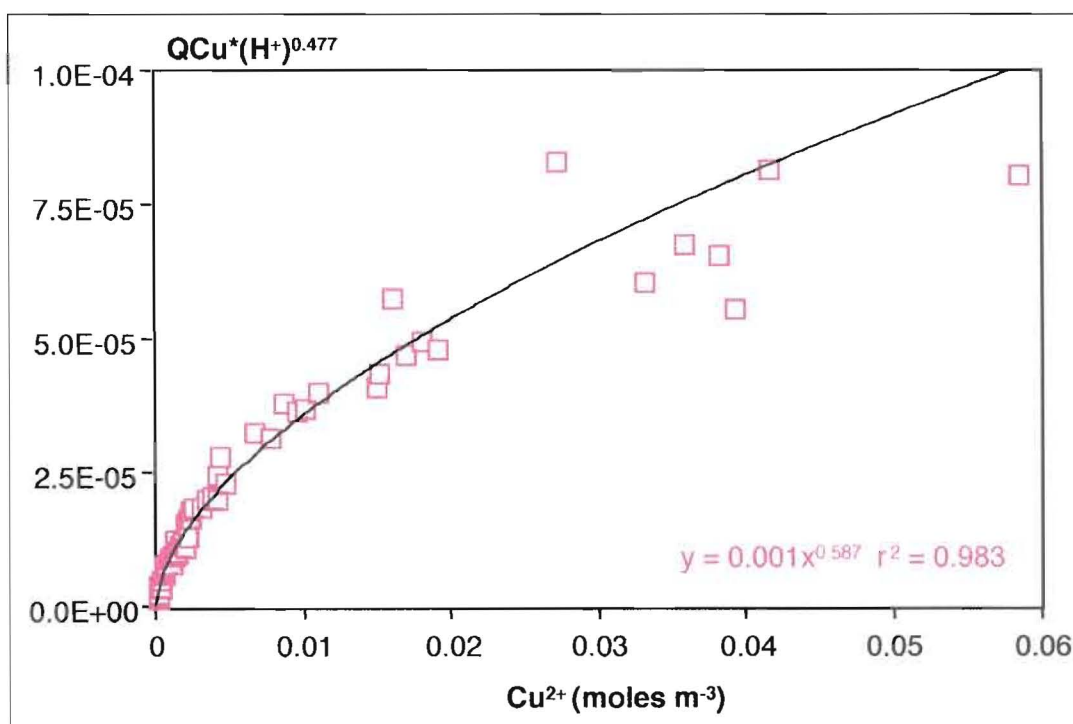


Figura 6.11 - Produto do Cu adsorvido (moles Kg^{-1}) e $(\text{H}^+)^{0.477}$, como função da actividade do Cu

Pode pois admitir-se que a equação TSF descreve com rigor aceitável o processo de adsorção do Cu pelo solo em estudo.

TEMMINGHOFF, 1998, e TEMMINGHOFF et al., 1994, trabalhando também com solos arenosos, obtiveram resultados e conclusões semelhantes.

6.1.1.4 Actividade do Cobre. Complexação Cu-DOC

Com o procedimento utilizado para o cálculo da actividade do Cu em solução (Capítulo 5), foram gerados dados que permitem apresentar algumas “estimativas” da influência da matéria orgânica no processo de adsorção, bem como, através da complexação dissolvida Cu-DOC, prever o significado do Cu que permanece em solução.

De acordo com o modelo usado, verifica-se que a regressão entre actividade e concentração de Cu ($a_{Cu} = -2.199 + 1.004Cu$), apresenta um R^2 de 0.997. A Figura 6.12 apresenta a relação entre a actividade do Cu e a concentração total de Cu em solução, verificando-se que para valores de pH da ordem de 3.5, a actividade é praticamente igual à concentração, mas que, aumentos sucessivos de pH levam a uma diminuição da actividade do Cu.

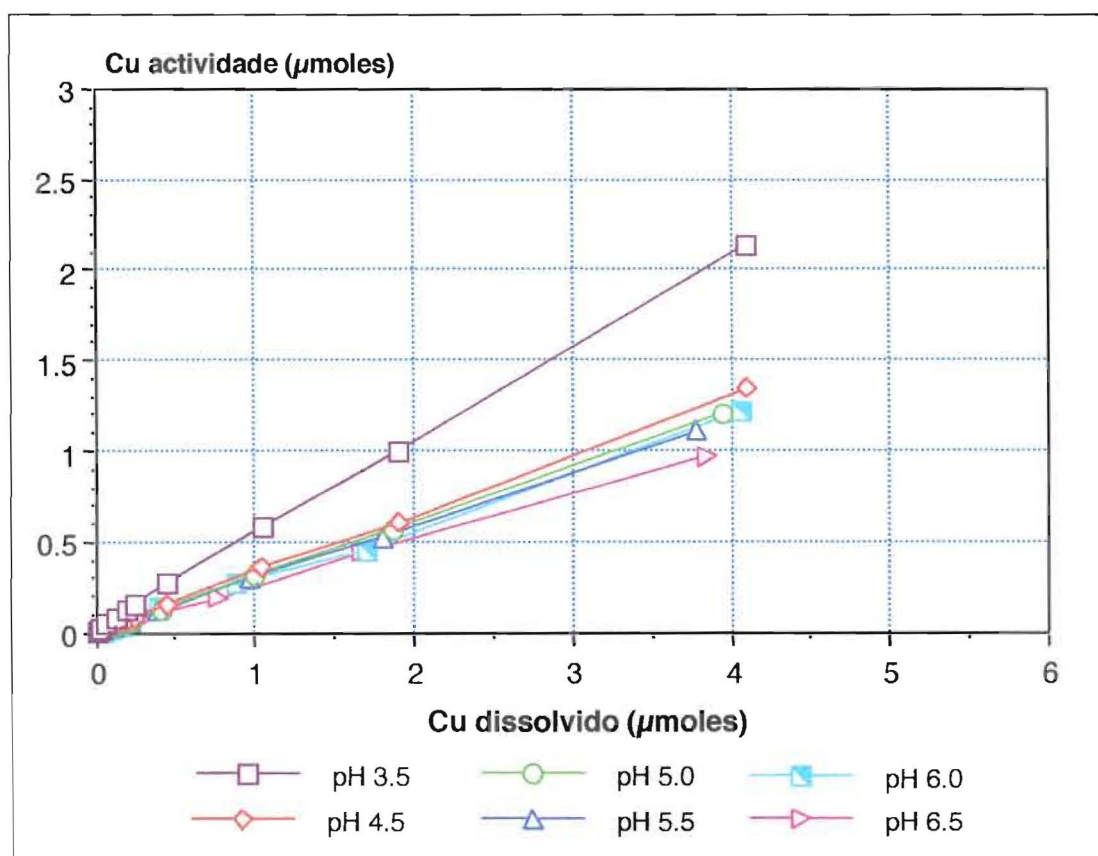


Figura 6.12 - Relação entre a actividade do Cu (a_{Cu}) e a concentração total de Cu em solução

Uma das possíveis explicações para este efeito é o aumento da formação de complexos Cu-DOC.

De facto, para valores baixos de pH, a concentração de DOC em solução é muito baixa e apresenta uma fraca capacidade de complexação. No entanto, com o aumento do pH verifica-se que, por um lado, parte do carbono orgânico é desorvido das fases sólidas, e por outro, há um aumento da capacidade de complexação do DOC, o que promove a formação de complexos estáveis em solução.

A Figura 6.13, mostra a evolução da concentração de DOC, para os diferentes valores de pH considerados, bem como a percentagem de Cu livre e a percentagem de Cu complexado. Os valores apresentados são valores médios, para cada pH.

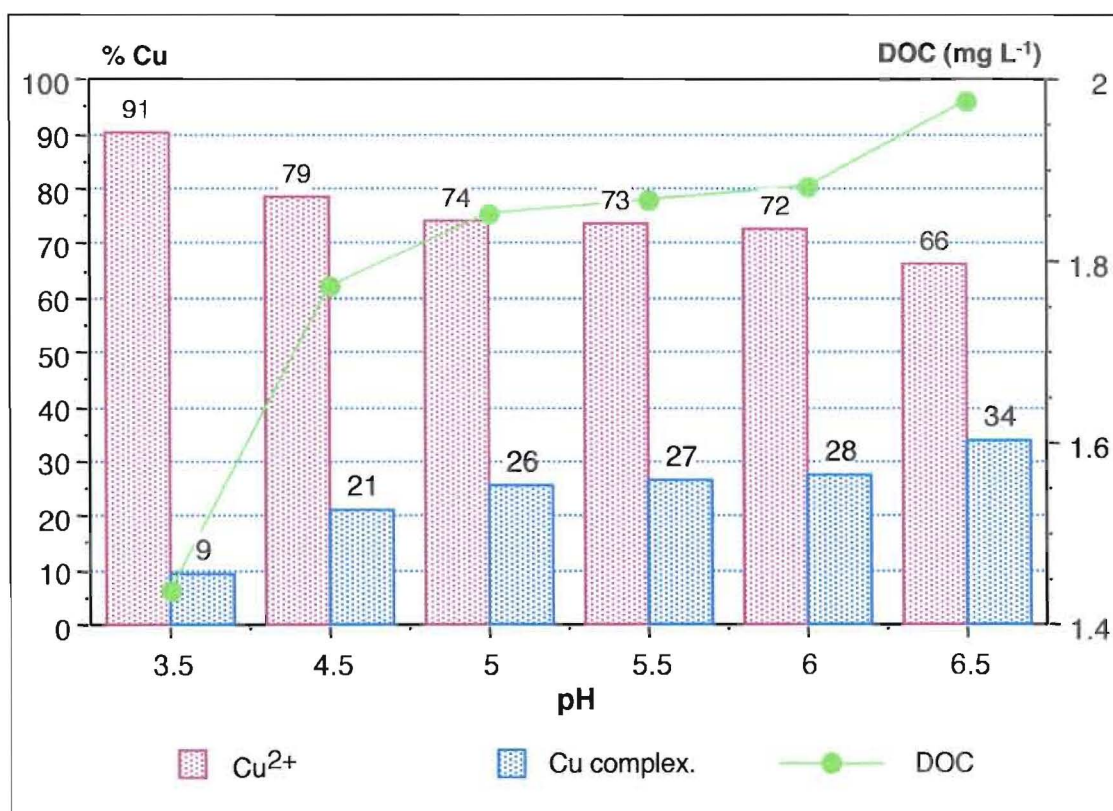


Figura 6.13 - Influência do carbono orgânico dissolvido na formação de complexos Cu-DOC.

Em termos absolutos, a percentagem de Cu livre varia desde um máximo de 91% (adição de 0.1 ppm de Cu) a um mínimo de 62.7% (pH 6.5, adição de 0.8 ppm de Cu). Esta diminuição da actividade do Cu é consequência directa de processos de complexação, cuja importância aumenta com o pH.

Os elevados valores de Cu livre encontrados para níveis de pH da ordem de 3.5, poderão estar relacionados com: i) menor concentração de DOC em solução; ii) baixa capacidade

de complexação do DOC; iii) aumento da competição Cu/Al para a formação de complexos orgânicos, verificando-se que para valores de pH desta natureza, a actividade do Al^{3+} em solução aumenta, devido a reacções de dissolução e dessorção da fase sólida, competindo fortemente com outros elementos para a formação de complexos com o DOC.

Assim, para além do anteriormente referido relativamente à fraca capacidade de adsorção de Cu pelo solo em estudo (com mínimos de remoção de 13.8% e de 26.7% verificados a pH 3.5 e 6.0, respectivamente, para 10 ppm de adição de Cu), verifica-se ainda que parte do Cu solúvel (até 37%) se encontra em formas quimicamente estáveis e, portanto, passíveis de ser mobilizadas em profundidade.

6.1.2 ESPECIAÇÃO DO COBRE NO SOLO

A Figura 6.14 representa a distribuição percentual das diferentes fracções de Cu extraídas de acordo com os procedimentos descritos no Capítulo 5 (5.2.2)⁶. Por fracção menos lábil, considera-se a diferença entre o Cu total e o Cu extraído com EDTA, uma vez que o Cu presente nesta fracção, menos lábil, contribui apenas muito lentamente para o equilíbrio entre fases sólida e líquida.

Esta fracção representa a maior parte do Cu presente no solo, variando desde cerca de 91% (0 - 5 cm superficiais) a valores da ordem de 99.5% nas camadas mais profundas, verificando-se um rápido aumento com a profundidade (99.4% nos 5-10 cm superficiais).

A fracção Cu adsorvido + complexado é a segunda mais importante, mas bastante inferior à primeira, sendo de 6.8% no solo superficial, decrescendo rapidamente para 0.53% na segunda camada e atingindo o seu valor mais baixo, de 0.23%, entre 80 e 90 cm de profundidade.

Ao longo do perfil solo, nos 100 cm estudados, verifica-se que certas camadas (nomeadamente entre os 30 cm e os 70 cm superficiais) apresentam um aumento do Cu adsorvido + complexado, facto que poderá estar relacionado com um maior teor de óxidos de Fe e Al nestas camadas (ver Quadro 5.1).

A fracção de troca representa apenas 1.94% do Cu total na camada superficial, descendo para 0.09% na última camada (90 - 100 cm de profundidade).

Por sua vez, a fracção de Cu solúvel praticamente não tem expressão apresentando valores entre 0.075% (solo superficial) e 0.0006% nos 70-80 cm de profundidade.

⁶ Os resultados das extracções do Cu, Zn, Al, Fe e Mn (utilizando como agentes extractantes: 1) água; 2) acetato de amónia; 3) EDTA e 4) ácido fluorídrico + água régia), estão apresentados no ANEXO A9.

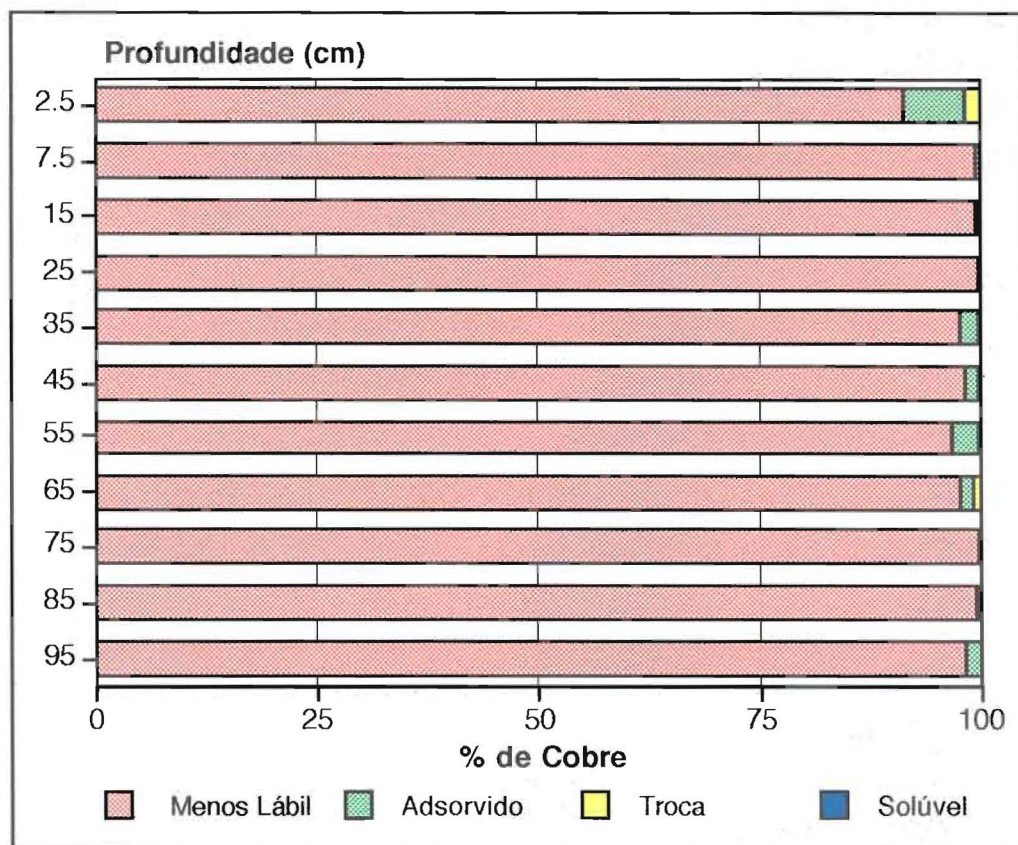


Figura 6.14 - Distribuição percentual das diferentes frações de Cu com a profundidade

No entanto, apesar de pouco significativas, relativamente à concentração de Cu total no solo, são as três frações: Cu adsorvido + complexado (**C**); Cu de troca (**B**) e Cu solúvel (**A**), as responsáveis, numa perspectiva de equilíbrio químico a curto prazo, pela dinâmica do Cu, em profundidade. Assim, são estas frações as mais importantes para explicar a mobilidade do Cu ao longo do perfil, permitindo estabelecer previsões relativamente às condições de transporte deste metal.

De acordo com este ponto de vista, a Figura 6.15 mostra a concentração de Cu nas três frações, **A**, **B** e **C**, e a Figura 6.16 mostra a sua distribuição percentual (considerando como 100% o Cu extraído com EDTA).

Tendo em conta apenas o Cu mais lábil, isto é, as formas de Cu que estabelecem um equilíbrio rápido entre fases sólida e líquida, verifica-se que a maior acumulação de Cu se encontra na camada superficial (0 - 5 cm), o que reflecte uma exposição directa a adições externas.

Em profundidade verifica-se um aumento da concentração de Cu, provavelmente relacionado, tal como anteriormente referido, com uma maior capacidade de retenção de Cu, resultante de um aumento das percentagens de óxidos de Fe e Al.

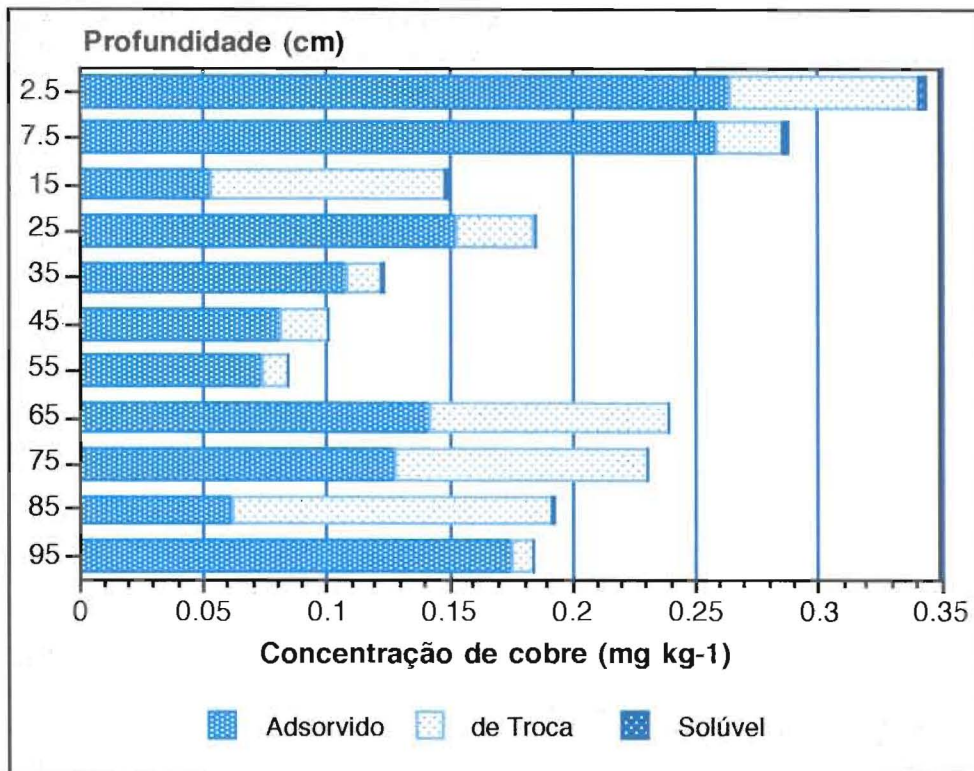


Figura 6.15 - Distribuição das fracções de Cu mais lábil, em profundidade.

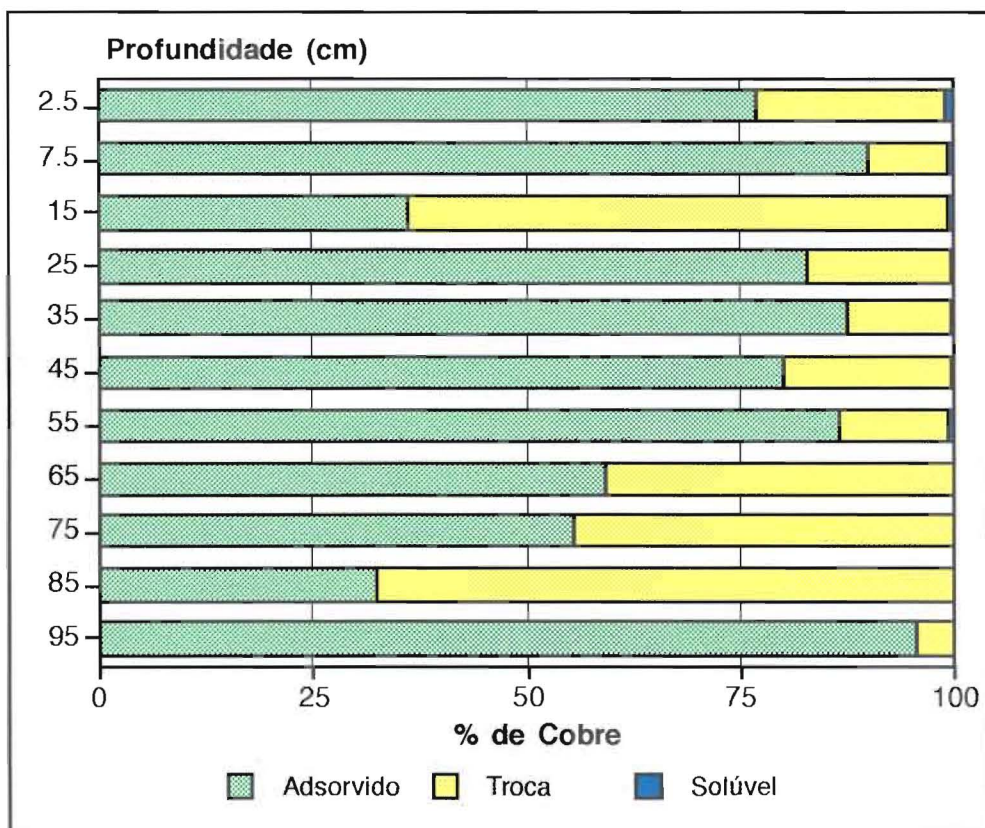


Figura 6.16 - Distribuição percentual das fracções de Cu mais lábil, em profundidade.

Para a generalidade das profundidades consideradas, o Cu adsorvido + complexado constitui a principal fracção, com percentagens variando entre 95.5% e 55.3%⁷.

Numa tentativa de explicar a distribuição observada, foram estabelecidas correlações e realizadas regressões múltiplas e *stepwise* entre as diferentes fracções, A, B e C e diferentes características do solo, nomeadamente: percentagem de matéria orgânica (MO); CTC e S⁸; percentagem de óxidos de Fe e Al totais e livres; percentagem de óxidos de Mn totais; pH (KCl); e parâmetros caracterizadores da solução do solo tais como DOC, Ca e força iónica (I).

Assim, e de acordo com o Quadro 6.7, a fracção C, Cu adsorvido + complexado, apresenta uma forte correlação com o Al adsorvido + complexado (0.923), estando negativamente correlacionado com o pH (- 0.866).

Quadro 6.7 - Correlações mais significativas obtidas para o Cu adsorvido+complexado.

Cu - Solúvel	Al ads+compl	DOC	% MO	I	pH
0.824	<u>0.923</u>	0.823	0.810	0.865	- 0.866

Através de regressão *stepwise*, entre esta fracção e 29 variáveis, obteve-se um ajustamento adequado ($R^2 = 0.998$), sendo o Cu adsorvido + complexado, Cu_c, explicado por quatro variáveis: Al adsorvido + complexado, Al_c; Al solúvel, Al_s; óxidos de Al livres e pH, de acordo com a equação [1]:

$$Cu_c = -0.189 + 0.006Al_c + 0.086Al_s - 0.949(Al_2O_3 \text{ livre}) + 0.046pH \quad [1]$$

Este ajustamento revela que no solo em estudo, arenoso e ácido, a adsorção do Cu é fortemente dependente da especiação do Al e do pH.

No que se refere à fracção B, Cu de troca, as correlações mais significativas foram obtidas com as fracções Fe de troca e Mn solúvel, embora com valores relativamente baixos: 0.742 e 0.769, respectivamente. Através de regressão múltipla, esta fracção é explicada com um $R^2 = 0.998$, por seis variáveis: Mn solúvel, óxidos de Mn totais, Cu solúvel; força iónica, Zn de troca e DOC.

⁷ Não foram considerados, nesta análise, os resultados obtidos para as profundidades de 20 - 30 cm, e de 80 - 90 cm.

⁸ S - soma das bases de troca (Ca + Mg + K + Na).

Por sua vez, o Cu solúvel, fracção A, apresentou correlações significativas com diferentes fracções e características do solo e da solução do solo, tal como se refere no Quadro 6.8.

Quadro 6.8 - Correlações mais significativas obtidas para o Cu solúvel.

Cu _c	Zn _B	Zn _C	Al _C	Mn _B	Mn _C	DOC	Ca	% MO	CTC	S	Al ₂ O ₃	pH
0.824	0.854	<u>0.910</u>	0.835	0.850	<u>0.955</u>	<u>0.978</u>	<u>0.972</u>	<u>0.971</u>	0.877	0.827	<u>-0.925</u>	-0.809

C - fracção adsorvido+complexado; B - fracção de troca

De acordo com estes resultados, verifica-se uma forte interacção entre a forma de Cu mais lábil e a concentração da solução do solo em DOC e Ca (Figura 6.17), considerando-se, pois, que esta fracção traduz, provavelmente, as condições que, neste tipo de solos, determinam a concentração de Cu na solução do solo condicionando, portanto, a mobilidade deste metal.

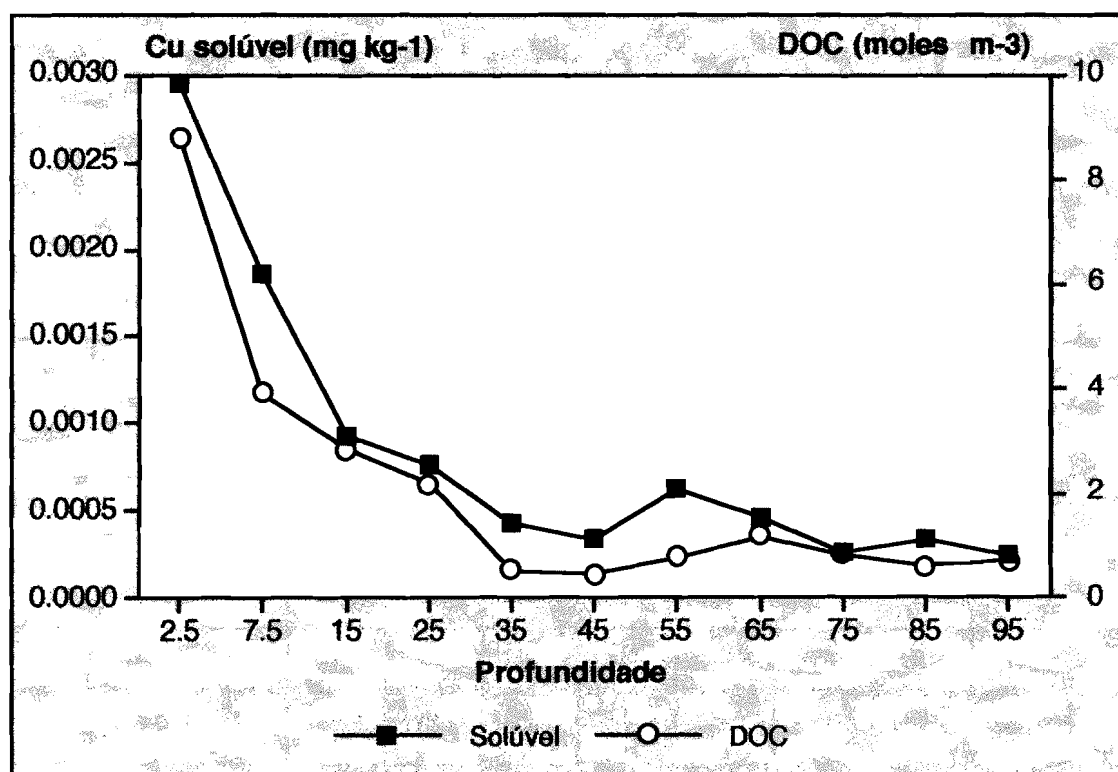


Figura 6.17 - Variação do Cu solúvel e do DOC em profundidade.

Esta fracção solúvel, através de regressão *stepwise*, é explicada, com um $R^2 = 0.999$, por quatro variáveis: DOC; S; Mn de troca, Mn_B e Al solúvel, Al_A, como expressa a equação [2].

$$Cu_A = -1.8E^{-4} + 2.1E^{-4}DOC + 0.01S + 5.6E^{-5}Mn_B + 4.1E^{-4}Al_A \quad [2]$$

Esta equação mostra, para além da já referida influência do DOC, a dependência da CTC, expressa através de S, soma das bases de troca. Por sua vez, se associarmos o Mn de troca, mostra a relação estreita entre o Cu presente em solução e o Cu presente no complexo de troca. Para além destes factores, está ainda expressa, uma vez mais, a influência do Al na especiação do Cu neste tipo de solos (ácidos).

Neste estudo sobre a especiação do Cu no solo, em que para além da determinação das suas fracções mais lábeis se procurou introduzir características relevantes do solo e da solução do solo para explicar os resultados obtidos, verifica-se que a MO e o DOC determinam em larga medida o comportamento e dinâmica deste metal pesado (Quadro 6.9 e 6.10).

De facto, e de acordo com o Quadro 6.9, a MO está significativamente correlacionada com a CTC ($r = 0.957$), o que significa que, neste solo, a reactividade química é dominada pela fracção orgânica. Isto aplica-se, muito particularmente, à química do Cu, uma vez que este metal, tal como o Pb, é o mais afectado por processos de complexação organo-metálica. Verifica-se ainda neste Quadro, que há uma correlação negativa entre MO e óxidos de Al, facto que está de acordo com a reactividade química destes dois constituintes da fase sólida do solo.

Quadro 6.9 - Correlações mais significativas obtidas para a % de MO.

Cu_A	Mn_C	Mn_B	CTC	Al_2O_3	Zn_C	DOC	Ca	Al_C	pH	Cu_C	Al_A
<u>0.971</u>	0.965	0.963	<u>0.957</u>	-0.948	0.944	0.931	0.903	0.884	-0.833	0.810	0.802

C - fracção adsorvido+complexado; B - fracção de troca; A - fracção solúvel

Quadro 6.10 - Correlações mais significativas obtidas para o DOC.

Cu_A	Mn_C	Mn_B	CTC	Al_2O_3	Zn_C	%MO	Ca	Al_C	pH	Cu_C	Zn_B
<u>0.978</u>	0.885	0.874	0.814	-0.855	0.813	0.931	0.981	0.833	-0.823	0.823	0.813

C - fracção adsorvido+complexado; B - fracção de troca; A - fracção solúvel

Nas Figuras 6.18 a 6.21, mostra-se a especiação obtida para o Zn, Fe, Mn e Al, respectivamente. Embora a sua análise exaustiva não seja do âmbito deste trabalho, os seus resultados (ou parte deles), nomeadamente os obtidos com o Al, Fe e Mn, explicam parcialmente o comportamento observado para o Cu.

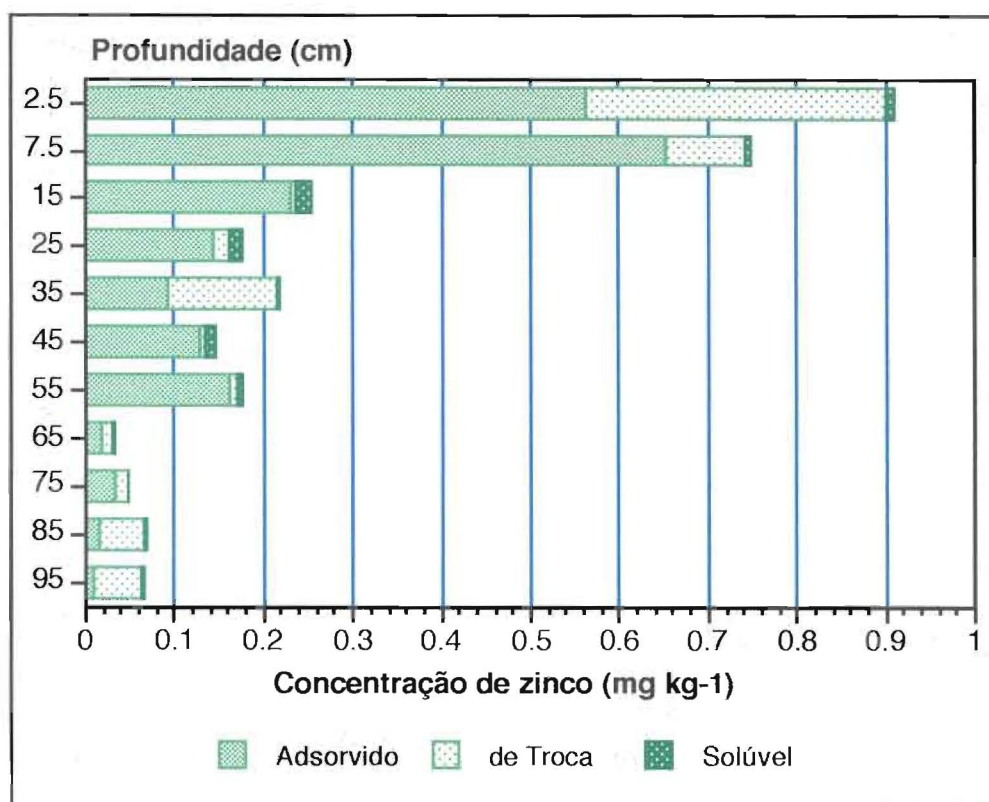


Figura 6.18 - Distribuição das frações A, B e C, de Zn, em profundidade.

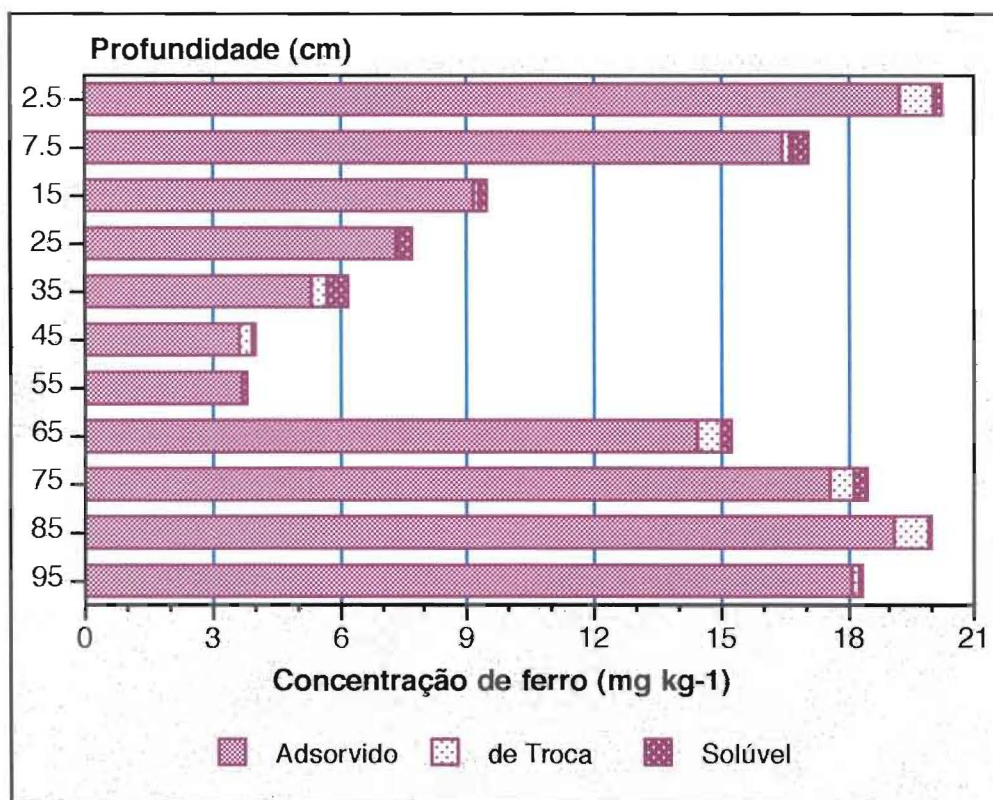


Figura 6.19 - Distribuição das frações A, B e C, de Fe, em profundidade.

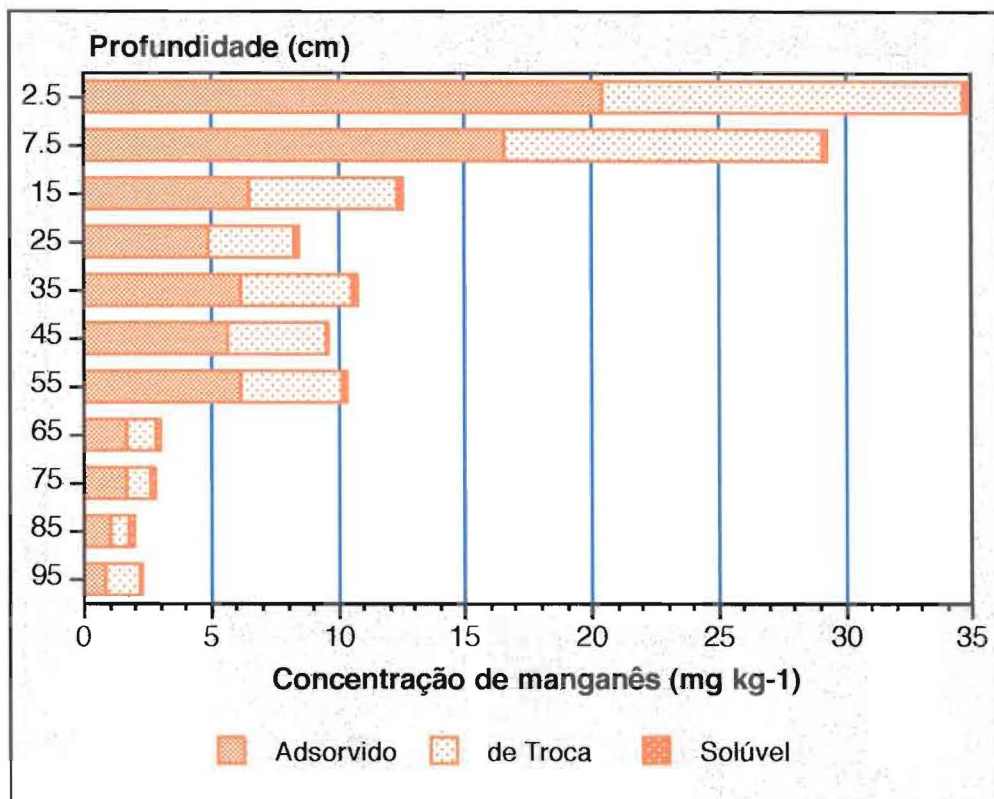


Figura 6.20 - Distribuição das frações A, B e C, de Mn, em profundidade.

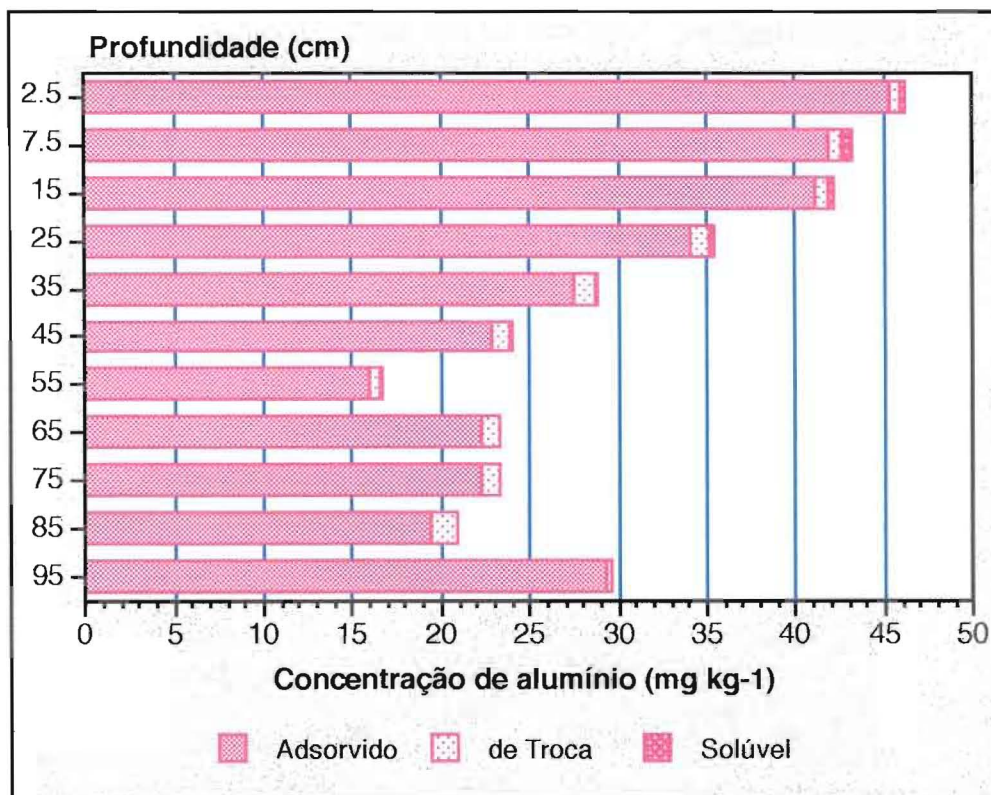


Figura 6.21 - Distribuição das frações A, B e C, de Al, em profundidade.

6.1.3 CAPACIDADE DE COMPLEXAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA⁹

A Figura 6.22 mostra os resultados obtidos com as titulações do DOC em solução (DOC extraído com NaOH 0.05M), bem como as curvas obtidas por extracção do DOC com NaOH 0.1M.

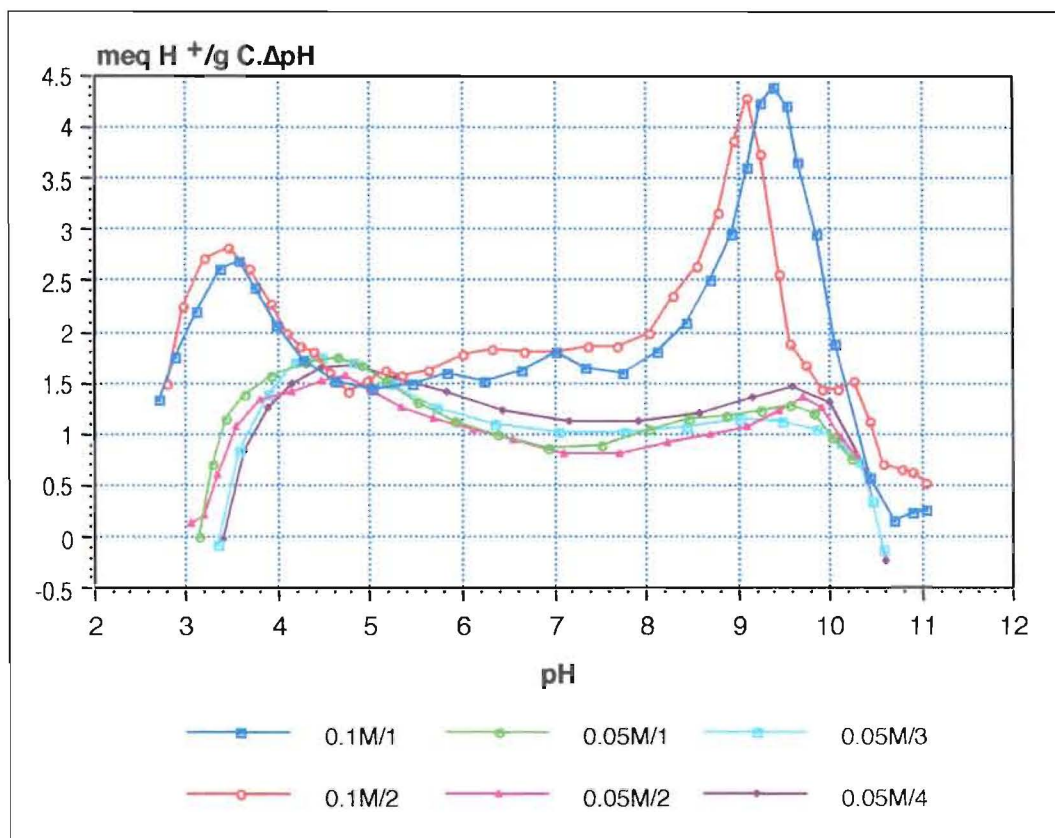


Figura 6.22 - Curvas de titulação do DOC (extracção com NaOH 0.1M e 0.05M).

6.1.3.1 Complexação pelo DOC em Solução

Na Figura 6.22, as quatro curvas inferiores mostram a titulação do DOC extraído com NaOH 0.05M, que, tal como referido no Capítulo 5, se considera como correspondente à fracção presente na solução do solo.

De acordo com o desenvolvimento destas curvas, considerando que o primeiro máximo corresponde aos grupos carboxílicos e o segundo máximo corresponde aos grupos fenólicos, verifica-se claramente que o DOC é de natureza “fúlvica”, isto é, constituído essencialmente por “ácidos fúlvicos”.

⁹ Os resultados referentes às titulações do DOC, bem como ao cálculo dos meq de carga encontram-se apresentados no ANEXO A10.1 a A10.6.

Isto significa que há um predomínio de grupos carboxílicos relativamente aos grupos fenólicos. Por sua vez, o desenvolvimento total de cargas é bastante baixo.

A quantidade total de cargas correspondentes aos grupos carboxílicos variou entre 4.78 e 5.47 meq H^+ $g^{-1}C$, com um valor médio de cerca de 5 meq de carga. O pK_1 médio observado foi de 4.5 (Equação [3]).



Por sua vez, no que se refere aos grupos fenólicos, o total de cargas desenvolvidas variou entre 2.98 e 3.66, com um valor médio de 3.3 meq de carga. O pK_2 médio observado foi de 9.5 (Equação [4]).



Em termos globais, o DOC apresenta um total de cargas médio de $5 + 3.3$, isto é, de cerca de 8 meq de carga. Este valor é bastante baixo, significando que o carbono orgânico dissolvido tem uma baixa capacidade de complexação do Cu.

RÖMKENS et al., 1997, usando idênticos procedimentos experimentais, chegaram a resultados semelhantes, obtendo um modelo bi-prótico para a dissociação do DOC ($pK_1 = 4.5$; $pK_2 = 9.5$), capaz de modelar correctamente a actividade do Ca e do Cu numa gama de concentrações aplicáveis em condições de campo.

DOLFING e BRIL, 1997, trabalhando com solos arenosos, chegaram também a resultados semelhantes ($pK_1 = 4.3$; $pK_2 = 9.1$).

De acordo com DEL CASTILLO et al., 1997, a estabilidade dos complexos entre o Cu e compostos de baixo peso molecular (BPM) é diferente da apresentada pelo Cu complexado com compostos de elevado peso molecular (EPM). Estes autores observaram que os complexos Cu-BPM se dissociam parcialmente, ao contrário dos complexos Cu-EPM, uma vez que estes possuem uma elevada constante de estabilidade ($K = 10^{9.5}$).

Do mesmo modo, RÖMKENS et al., 1997, verificaram que as constantes de estabilidade para a formação de complexos Cu-DOC, variavam de 5 a 5.5 ($\log K$) para os grupos carboxílicos, e de 10.5 a 11.2 para os grupos fenólicos de alta afinidade.

Isto significa que a estabilidade dos complexos Cu-DOC, está intimamente relacionada com a ligação do Cu a ligandos de EPM.

Os mesmos autores referem ainda e, em concordância com o anteriormente mencionado, que a concentração de Cu em solução é determinada pela sua complexação organo-metálica que, por sua vez, é afectada pela actividade do Ca (a_{Ca}) e pelo pH.

6.1.3.2 Complexação pela Matéria Orgânica do Solo

As duas curvas superiores, representadas na Figura 6.22, referem-se à titulação do DOC extraído com NaOH 0.1M. A maior força de extração exercida permite obter uma maior concentração de carbono orgânico que, neste caso, não reproduz apenas aquele que se encontra em solução, extraindo também parte do carbono orgânico associado à fase sólida do solo.

Como se pode observar por aquela Figura, o comportamento deste “DOC” é significativamente diferente do anterior, nomeadamente no que se refere ao desenvolvimento de carga pelos grupos fenólicos, que apresentam agora um maior predomínio relativamente aos grupos carboxílicos.

Tal comportamento é característico dos ácidos húmicos (ver Quadro 3.2, Capítulo 3) e, portanto, o “DOC” extraído é, ao contrário do anterior, essencialmente de natureza “húmica”.

Assim, nestes ácidos os grupos carboxílicos desenvolvem em média cerca de 8 meq de carga, com um valor de pK_1 de 3.6, enquanto que os grupos fenólicos desenvolvem cerca de 9 meq de carga, com um valor de pK_2 de 9.5.

O total de cargas desenvolvidos, neste caso, é de 17 meq $g^{-1}C$, o que significa que este “DOC” possui uma capacidade de complexação muito superior, relativamente ao obtido com a primeira extração.

Se se considerar que:

- i) este “DOC” representa e qualifica a matéria orgânica do solo,
- ii) existe uma maior afinidade e estabilidade dos complexos formados entre o Cu e ligandos fenólicos e
- iii) existe neste “DOC” um maior número de equivalentes de carga atribuíveis à dissociação de grupos fenólicos,

então, nestas condições, o Cu tenderá a permanecer imobilizado na fase sólida, uma vez que a capacidade de complexação dissolvida é demasiado baixa para competir com a fase sólida na mobilização do Cu.

6.1.4 Considerações Finais

Os estudos de adsorção mostraram que este solo tem uma capacidade relativamente baixa para imobilizar o Cu nos constituintes da fase sólida. O processo de adsorção foi significativamente influenciado pelo pH. A adsorção mostrou depender também da concentração de Cu, observando-se que, mesmo nas condições de pH mais favoráveis, para níveis de Cu mais elevados, cerca de 65% permanece em solução. O processo de

adsorção foi adequadamente descrito pela equação de Freundlich, verificando-se um melhor ajustamento quando se utiliza a actividade do Cu e não a sua concentração. De facto, a concentração de Cu mascara, de certa forma, os efeitos da complexação do Cu com o DOC em solução. Este efeito é tanto mais marcado quanto mais elevado for o pH, uma vez que a capacidade complexante do DOC é dependente deste parâmetro, com o qual está positivamente correlacionado.

Assim, ao recorrer preferencialmente à actividade do Cu para descrever o processo de adsorção estes efeitos são eliminados ou pelo menos, minimizados.

Para a análise global dos ensaios de adsorção optou-se por utilizar o modelo de Freundlich para duas espécies (TSF). A equação obtida, recorrendo à actividade deste metal e ao pH, explica, com uma aproximação muito significativa, a adsorção do Cu pela fase sólida do solo.

No que se refere à especiação do Cu pelos vários constituintes da fase sólida, verificou-se que as formas de Cu largamente predominantes neste solo, são formas de Cu muito pouco lábil, que não estão em equilíbrio directo quer com as outras fracções mais lábeis, quer com o Cu presente na solução do solo. Relativamente às formas de Cu mais lábeis, domina a fracção de Cu adsorvido + complexado. A fracção Cu de troca não parece correlacionar-se satisfatoriamente com nenhum parâmetro em particular, colocando-se a hipótese de que o extractante utilizado, acetato de amónia, não seja o mais adequado para este tipo de solo. Por sua vez o Cu solúvel, fracção muito baixa do Cu total, está relacionada com importantes características do solo, nomeadamente a % de MO, a CTC, e o pH.

No estudo da capacidade de complexação da matéria orgânica, os resultados obtidos mostram que o DOC deste solo tem uma capacidade de dissociação relativamente baixa, predominando as cargas resultantes da desprotonação de grupos carboxílicos, relativamente aos grupos fenólicos. Assim, pode considerar-se que este DOC é, provavelmente, de natureza "fúlvica", com um $pK_1 = 4.5$ e um $pK_2 = 9.5$.

Apesar do seu baixo poder complexante, dado que a fase sólida tem uma capacidade de retenção de Cu limitada, este DOC pode ter uma importância chave na mobilização e estabilização do Cu em solução, provocando, portanto, uma diminuição da actividade deste metal. A aplicação de efluente, alterando significativamente a concentração de DOC em solução, pode promover o transporte de cobre em profundidade.

Por sua vez, a matéria orgânica associada à fase sólida apresenta maior número de cargas totais, aumentando a proporção de grupos fenólicos dissociados, relativamente aos carboxílicos. Por este motivo, considera-se que esta matéria orgânica, provavelmente de natureza "húmica", tem uma maior acção complexante, tendo, provavelmente, uma acção importante na imobilização do Cu solúvel.

6.2 ENSAIOS DE CAMPO. INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE EFLUENTE DE SUINICULTURA NO COMPORTAMENTO DO COBRE NO SOLO

Para uma mais rápida e fácil leitura das figuras apresentadas neste ponto, referem-se aqui alguns dos elementos anteriormente mencionados no Capítulo 5.

O Talhão I corresponde ao controlo, não tendo sido feita qualquer aplicação de efluente. No Talhão II foram aplicados, em cada ano, 13 L/m² de efluente (130 m³/ha), e no Talhão III a aplicação anual de efluente foi de 26L/m² (260 m³/ha).

As épocas de incorporação do efluente nos Talhões II e III, correspondem aos dias 0, Julho, (imediatamente a seguir à 1ª amostragem), e 284, Abril, (imediatamente a seguir à 9ª amostragem).

Para melhorar a legibilidade dos gráficos, nalguns casos, optou-se por dividir o período experimental em duas partes: i) a 1ª correspondente à primeira aplicação de efluente e constituída pelas amostragens 0 a 9 (Julho a Abril); ii) a 2ª correspondente à segunda aplicação de efluente, incluindo as amostragens 9 a 16 (Abril a Dezembro).

As Figuras 6.23, 6.24 e 6.25 mostram a variação da concentração de Cu na solução do solo, em profundidade, nos Talhões I, II e III, respectivamente, ao longo dos 511 dias do período experimental.

De acordo com estas figuras, a aplicação de efluente traduziu-se num aumento muito significativo da concentração de Cu solúvel. Na camada superficial (0-5 cm), esse aumento variou de 1023% a 804% no Talhão II (1ª e 2ª aplicações, respectivamente), atingindo 3627% e 2496% no Talhão III (1ª e 2ª aplicações, respectivamente).

A aplicação de efluente não se reflectiu apenas na concentração de Cu, verificando-se grandes alterações a nível da macroquímica da solução do solo, nomeadamente no que se refere aos valores do DOC, pH, Eh, CE, e da generalidade dos macro catiões (Ca, Mg, K, Na, NH₄) e macro aniões (Cl, NO₃, S O₄, PO₄, C O₃). Os resultados analíticos encontram-se apresentados em Anexo (ANEXO A11.1 - Talhão I; ANEXO A11.2 - Talhão II e ANEXO A11.3 - Talhão III).

Se se considerar a pobreza química do solo em questão ("areias"), as grandes alterações introduzidas pela aplicação do efluente, traduziram-se em modificações significativas nas condições de equilíbrio químico do sistema, com implicações não só a nível do Cu como de muitos outros elementos.

A quantidade de Cu, bem como de outros elementos, incorporados através do efluente em cada Talhão e em cada uma das duas aplicações, encontra-se referida no ANEXO A4.

Como se pode constatar, neste ANEXO, as características do efluente aplicado diferem notavelmente da primeira para a segunda aplicação, verificando-se que, enquanto que o efluente aplicado no primeiro ano é essencialmente constituído por uma fase líquida, no segundo ano a fase sólida é importante, tendo provavelmente ocorrido uma mistura entre a fase líquida e as lamas depositadas na parte inferior da fossa.

Como consequência, os teores incorporados com a segunda aplicação foram, em geral, substancialmente superiores aos da primeira aplicação, podendo considerar-se que grande parte das diferenças encontradas estão, eventualmente, associadas à fase sólida do efluente aplicado. Este facto terá, provavelmente, repercussões na taxa de libertação de elementos, bem como na taxa de degradação da matéria orgânica incorporada.

Ao longo deste ponto procurar-se-á, por um lado, abordar os aspectos considerados como relevantes para explicar o comportamento do Cu, observado experimentalmente, e por outro, inferir e extrapolar da mobilidade e transporte do Cu em profundidade.

Assim, as Figuras 6.26, 6.27 e 6.28 mostram a variação do DOC, e as Figuras 6.29, 6.30 e 6.31, a variação do pH na solução do solo, em profundidade, nos Talhões I, II e III, respectivamente, ao longo dos 511 dias do período experimental.

Tal como se verá ao longo deste ponto, tanto o DOC, directamente, como o pH, indirectamente, são dois parâmetros essenciais na explicação do comportamento do Cu.

As Figuras 6.23 a 6.25, 6.26 a 6.28 e 6.29 a 6.31, referentes ao Cu, DOC e pH, respectivamente, devido à sua escala e quantidade de informação que detêm, têm como objectivo uma visualização e comparação gráficas das variações introduzidas pela aplicação do efluente ao longo do período experimental, bem como da repercussão em profundidade dessas variações, comparativamente com o Talhão I, de controlo.

Enquanto que as Figuras referentes ao Talhão I (6.23, 6.26 e 6.29), reflectem essencialmente o efeito das variações sazonais relacionadas com cada um dos três parâmetros (Cu, DOC e pH, respectivamente), bem como a atenuação dessas variações com a profundidade, as Figuras referentes aos Talhões II e III, mostram como essas variações sazonais são mascaradas pelas aplicações de efluente, reflectindo, deste modo, os seus efeitos, cuja amplitude aumenta, como seria de esperar, do Talhão II para o Talhão III.

Uma vez que é o Talhão III o que mais se afasta de uma situação de controlo (Talhão I) optou-se, ao longo deste ponto, por comparar graficamente estes dois Talhões (I e III), considerando-se que o Talhão II se encontra numa posição intermédia.

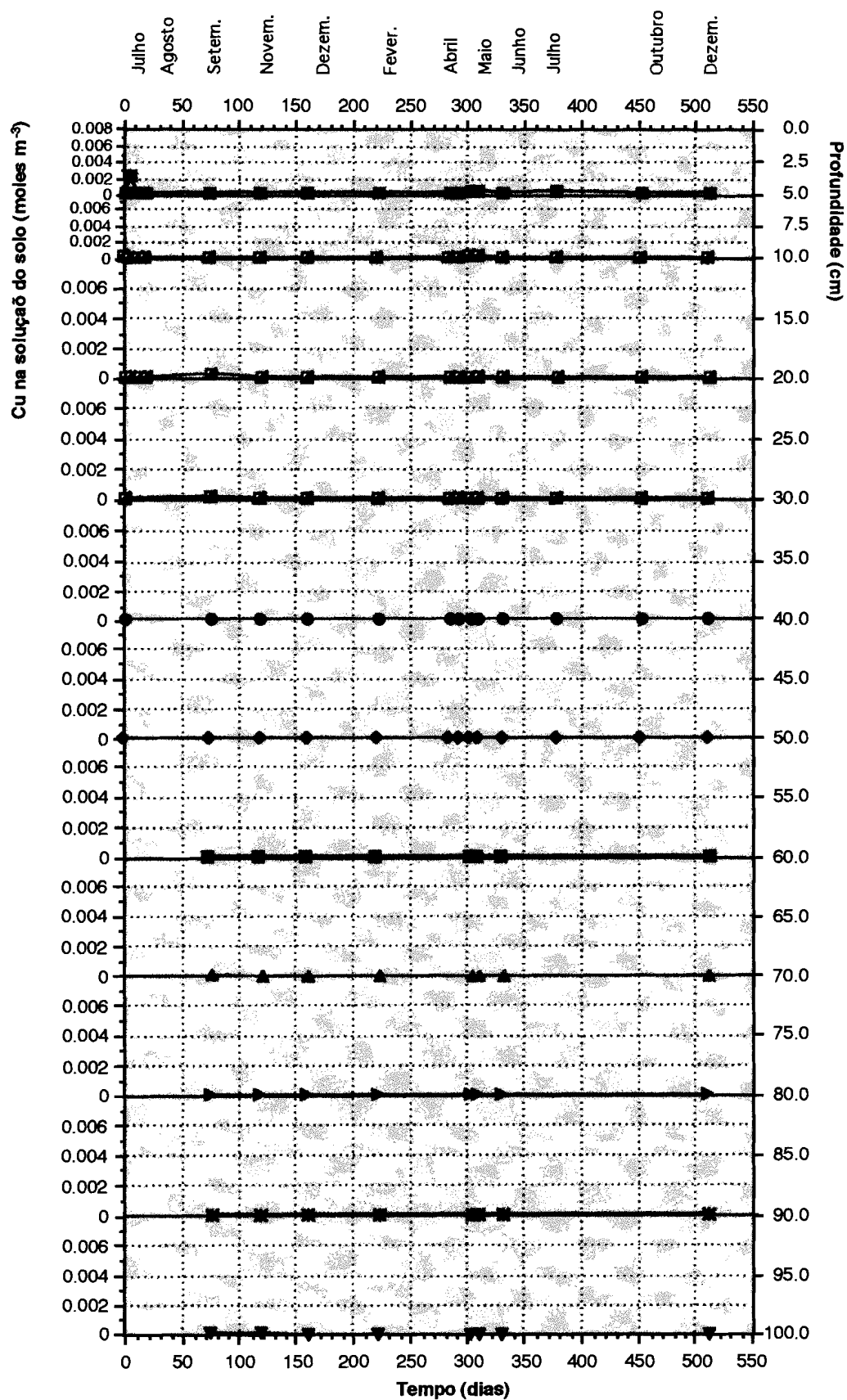


Figura 6.23 - Talhão I. Variação da concentração de Cu na solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental.

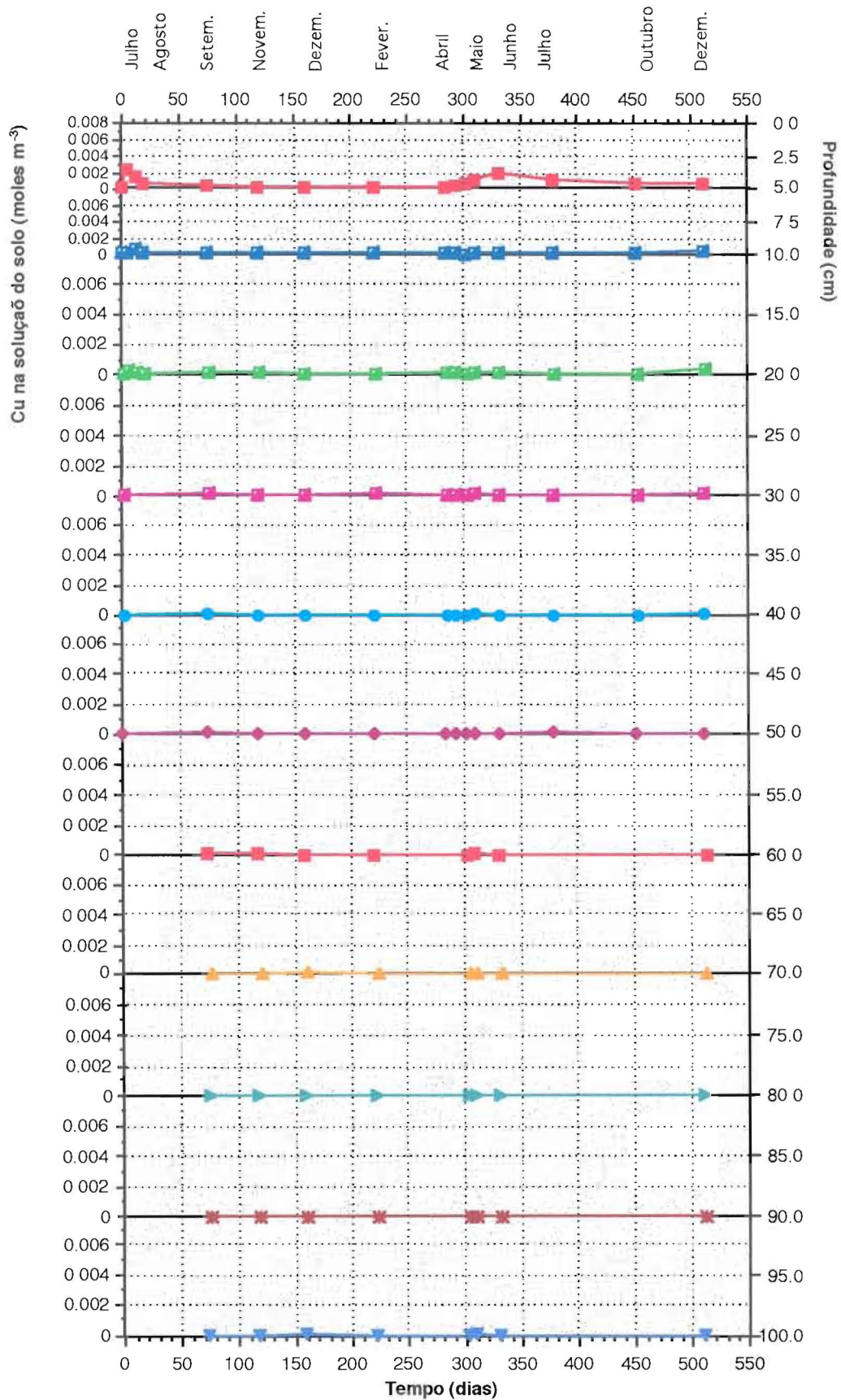


Figura 6.24 - Talhão II. Variação da concentração de Cu na solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental.

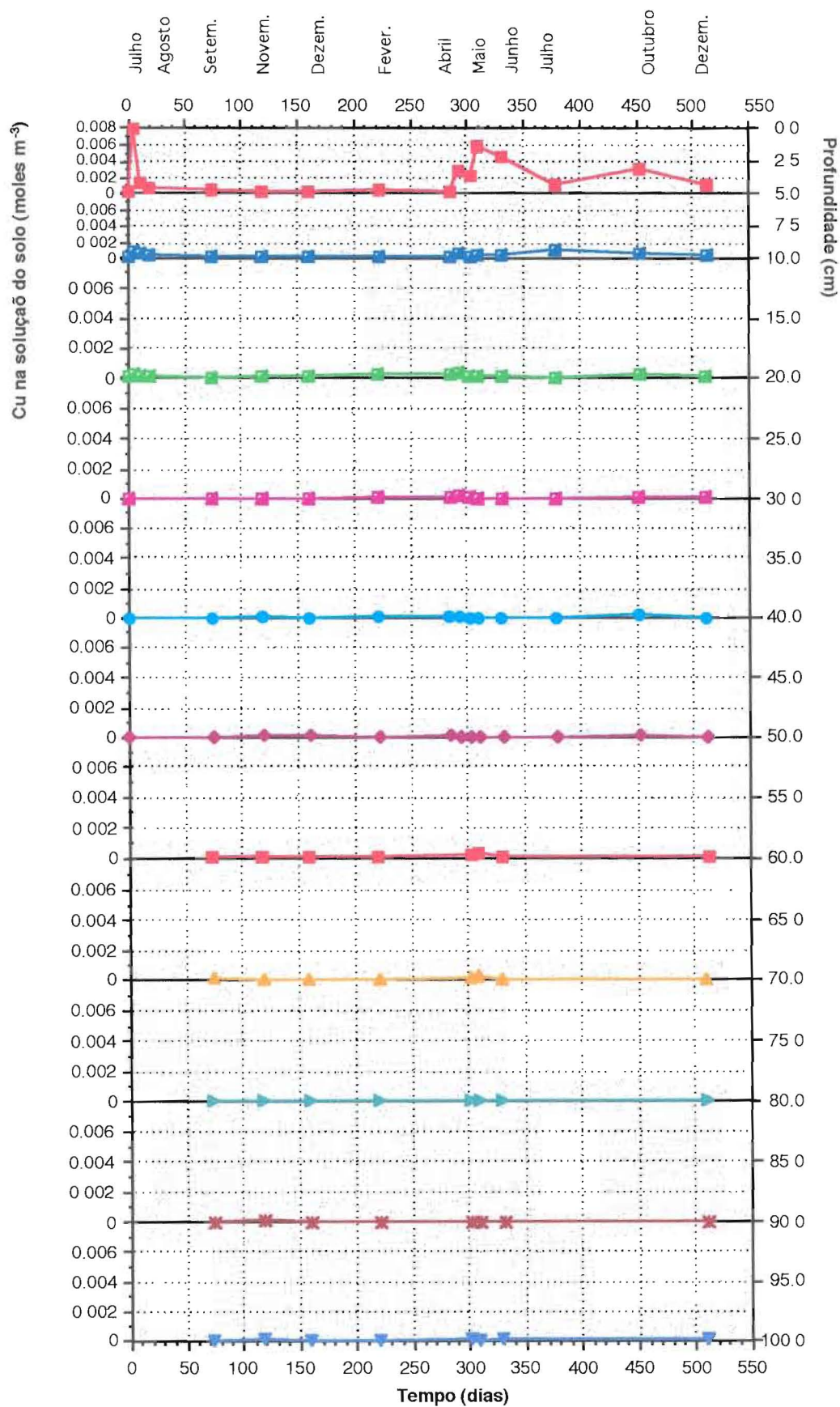


Figura 6.25 - Talhão III. Variação da concentração de Cu na solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental.

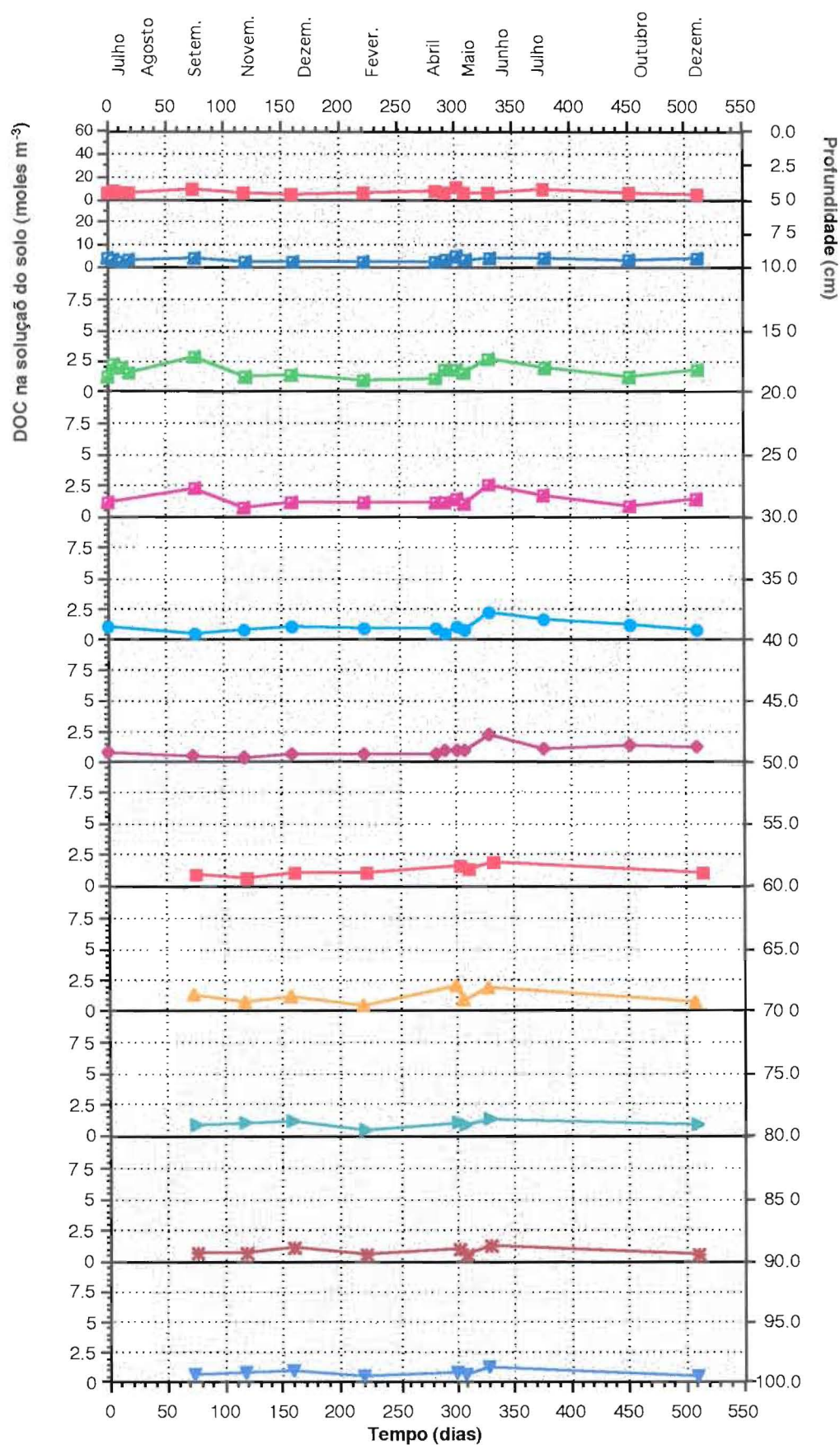


Figura 6.26 - Talhão I. Variação da concentração de DOC na solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental.

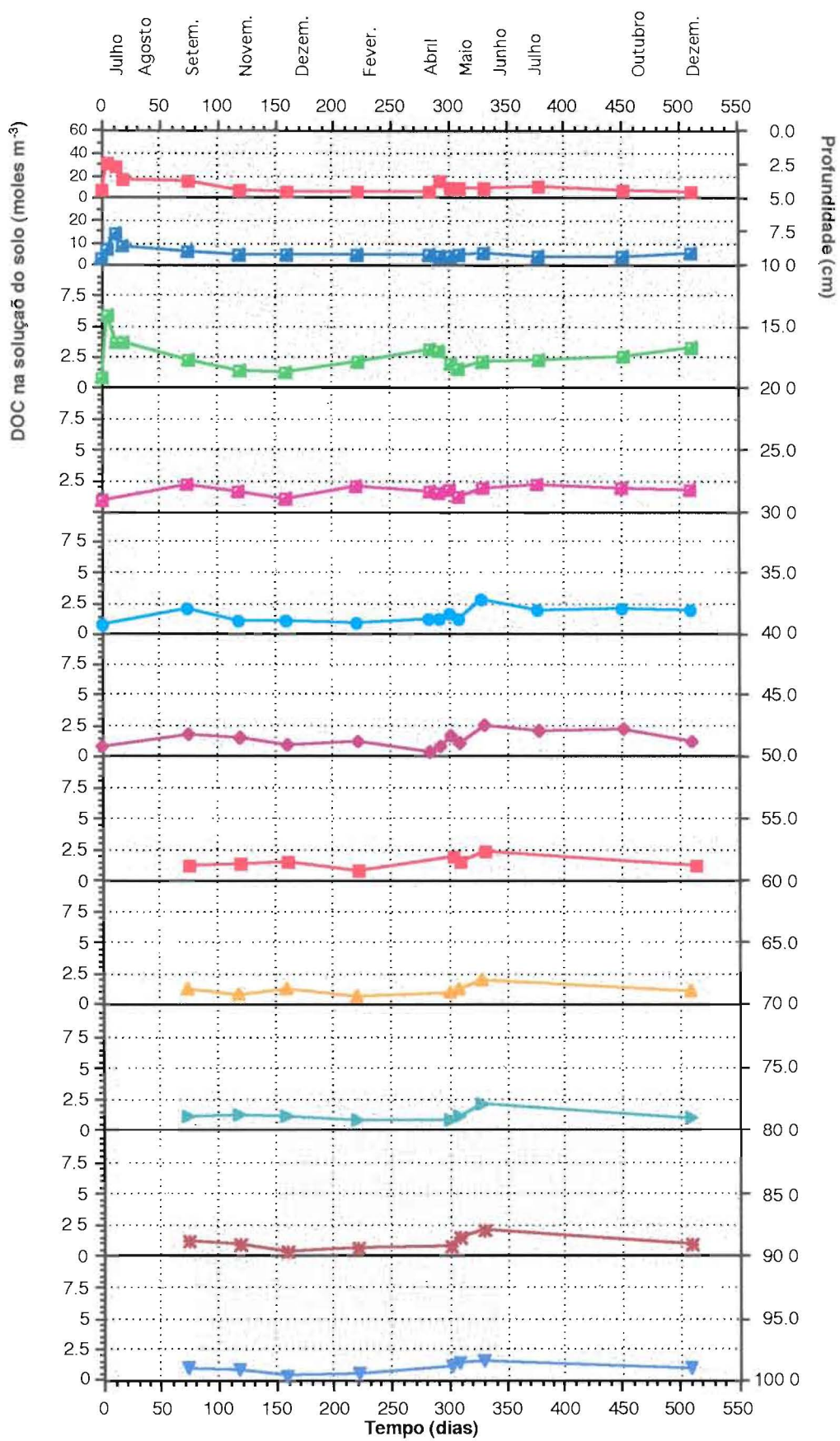


Figura 6.27 - Talhão II. Variação da concentração de DOC na solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental.

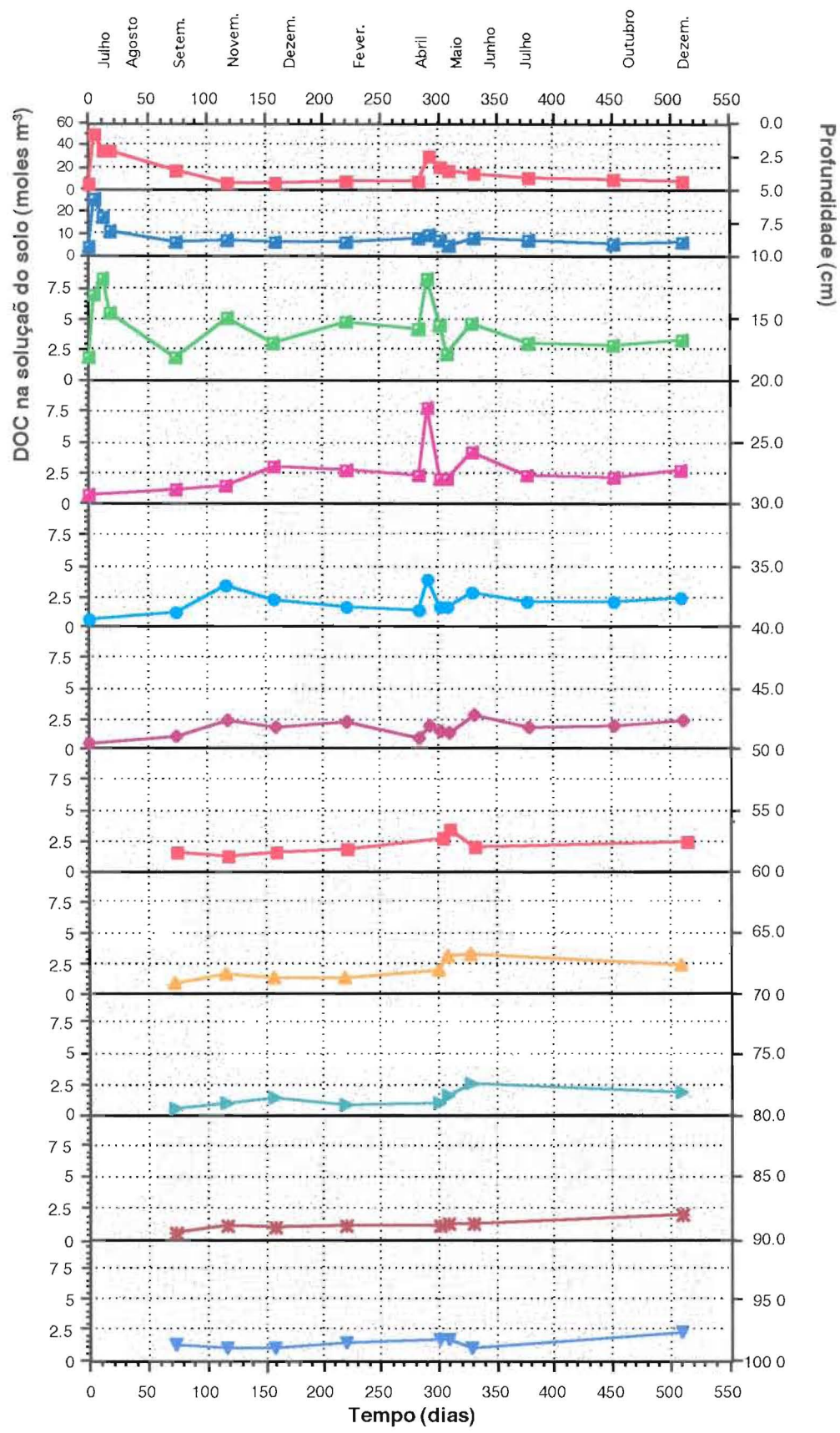


Figura 6.28 - Talhão III. Variação da concentração de DOC na solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental.

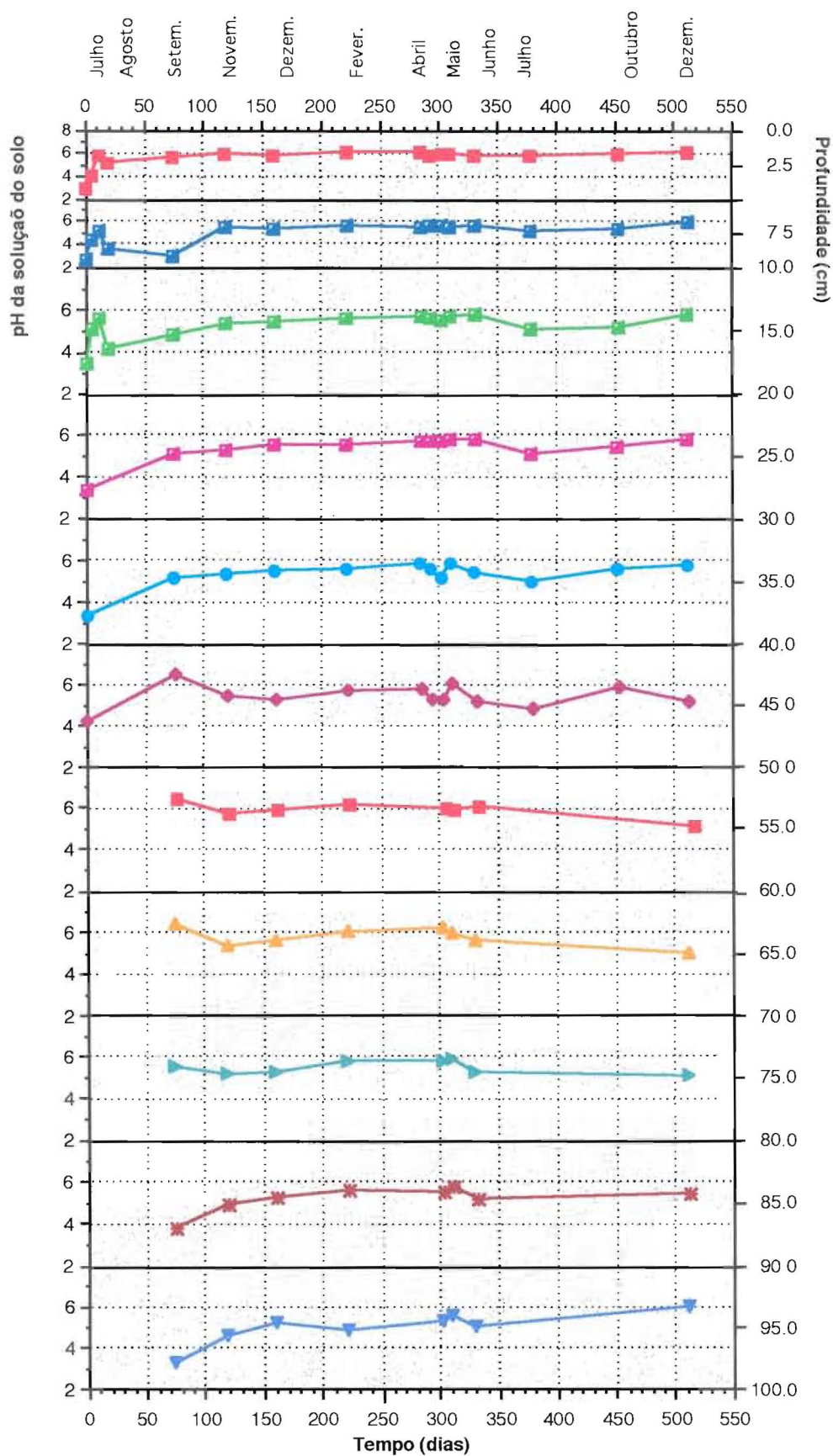


Figura 6.29 - Talhão I. Variação do pH da solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental.

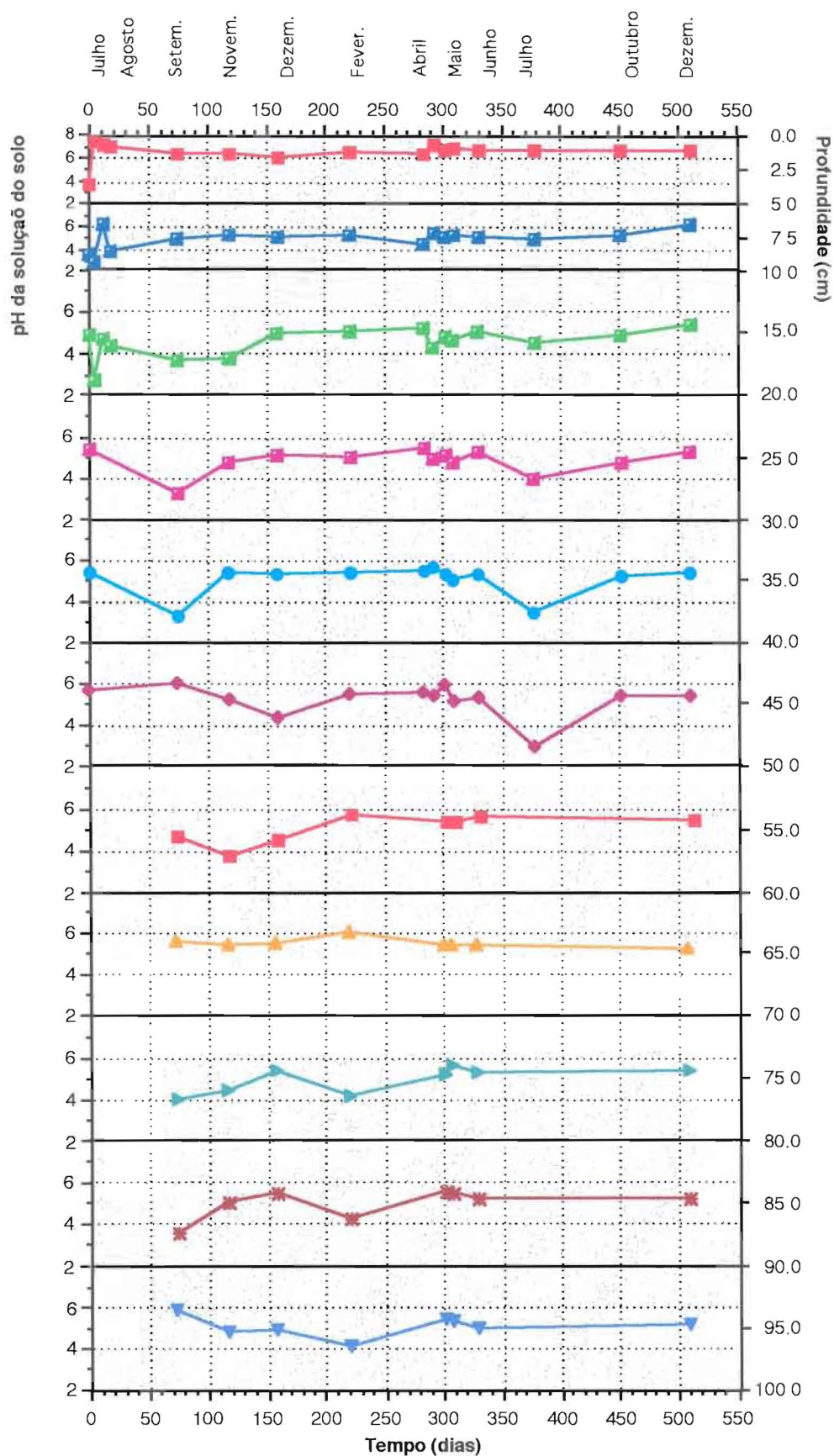


Figura 6.30 - Talhão II. Variação do pH da solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental.

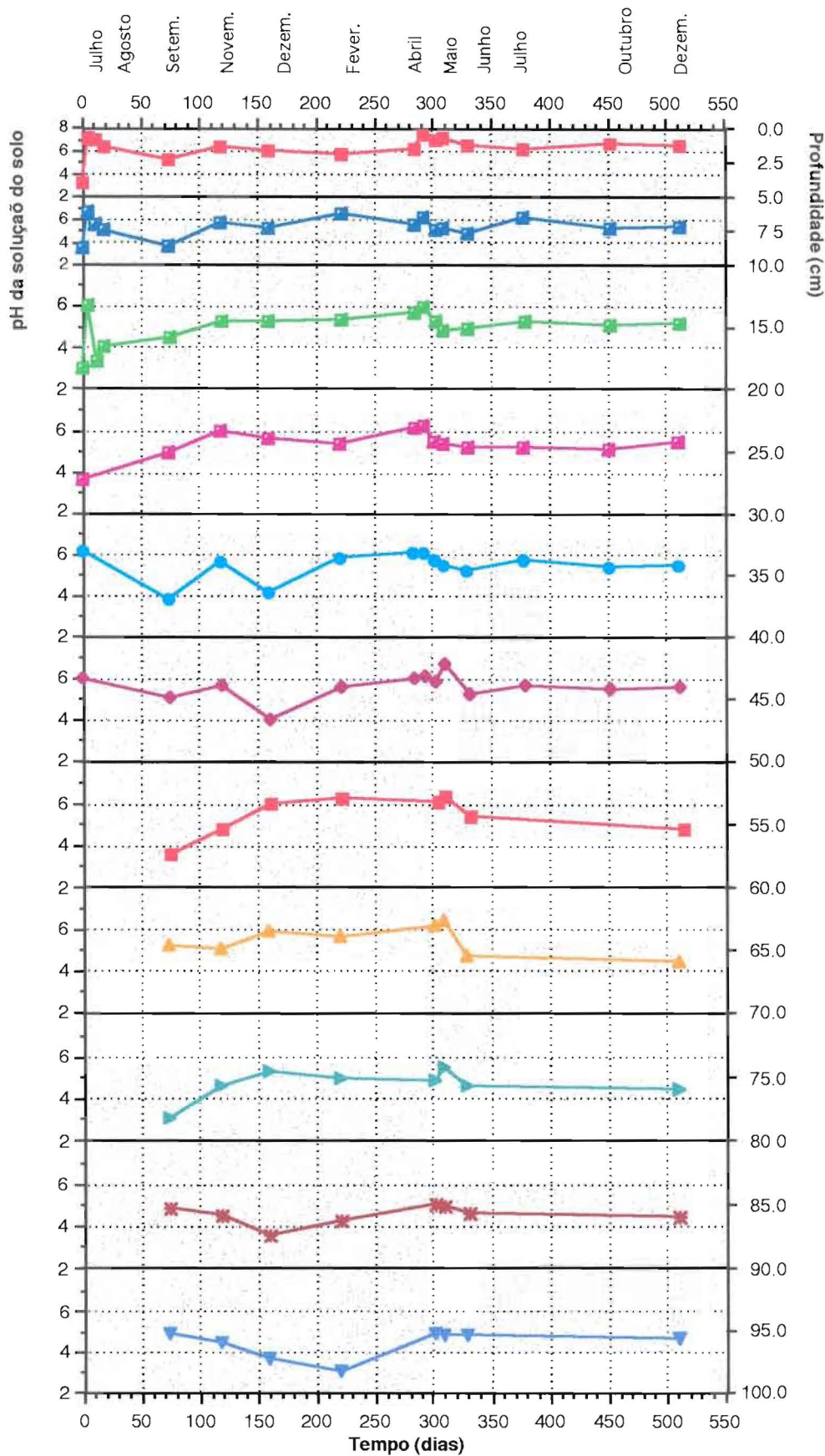


Figura 6.31 - Talhão III. Variação do pH da solução do solo, em profundidade, ao longo do período experimental.

Assim, para além da análise e discussão dos resultados experimentais, discutir-se-ão, posteriormente, no ponto 6.3.1, referente à modelação, os resultados obtidos sobre a especiação na solução do solo, recorrendo à sub-rotina EXPERT do programa matemático CHARON, de acordo com o que se refere no Capítulo 5.

6.2.1 Variação do Cobre Presente na Solução do Solo, em Profundidade

Tal como referido anteriormente, de acordo com as Figuras 6.23, 6.24 e 6.25, a aplicação de efluente traduziu-se em aumentos muito significativos da concentração de Cu solúvel na camada superficial (0 a 5 cm), atingindo 1023% no Talhão II e 3627% no Talhão III.

A aplicação de efluente repercutiu-se não apenas na concentração de Cu da camada superficial, como também no teor deste metal na solução do solo extraída das camadas subjacentes.

Embora durante o mês que se seguiu à 1ª aplicação, a monitorização do ensaio se tenha cingido apenas aos 20 cm superficiais, por se supôr que esta camada seria suficiente para deter e controlar os efeitos possíveis, as alterações foram de tal modo importantes naquela profundidade que, no período que se seguiu à 2ª aplicação, a monitorização se estendeu à profundidade máxima possível, em função do teor de humidade do terreno (50 cm e, se possível 100 cm).

Assim, a monitorização realizada após a 2ª aplicação descreve com maior rigor as modificações observadas na concentração de Cu solúvel, em profundidade.

As Figuras 6.32 e 6.33, representam os resultados obtidos no Talhão III, para a concentração de Cu na solução do solo na 1ª e 2ª fases, respectivamente. Como anteriormente referido a 1ª fase corresponde às amostragens 1 a 9, e a 2ª fase, às amostragens 9 a 16.

Enquanto que na Figura 6.32 é óbvia a ausência de informação sobre a influência do efluente aplicado para profundidades superiores a 20 cm (o efluente foi aplicado em Julho e só voltou a haver monitorização de todo o perfil, em fins de Outubro, dia 74, na 5ª amostragem), na Figura 6.33, referente à segunda aplicação, são patentes os efeitos do efluente no Cu dissolvido até profundidades da ordem dos 70 a 80 cm.

Da análise das referidas Figuras, destaca-se o aumento verificado na concentração de Cu solúvel nos 20 cm superficiais, o qual se reduz muito rapidamente com o decorrer do período experimental. Por exemplo, verifica-se que o teor da solução do solo em Cu passa de 0.00028 moles m⁻³, na amostragem 1 (anterior à aplicação de efluente), para 0.008 moles m⁻³, na amostragem 2, 0.0012 moles m⁻³, na amostragem 3 e 0.0007 moles m⁻³, na amostragem 4 (18 dias após a aplicação de efluente).

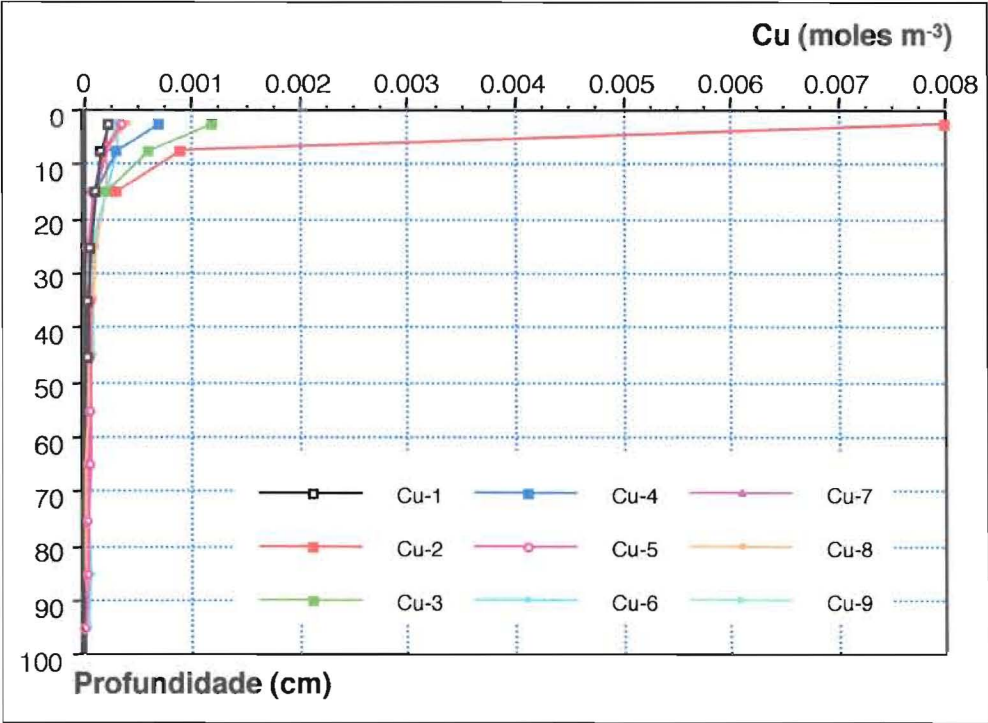


Figura 6.32 - Talhão III . Variação da concentração de Cu em solução, em profundidade, decorrente da 1ª aplicação de efluente.

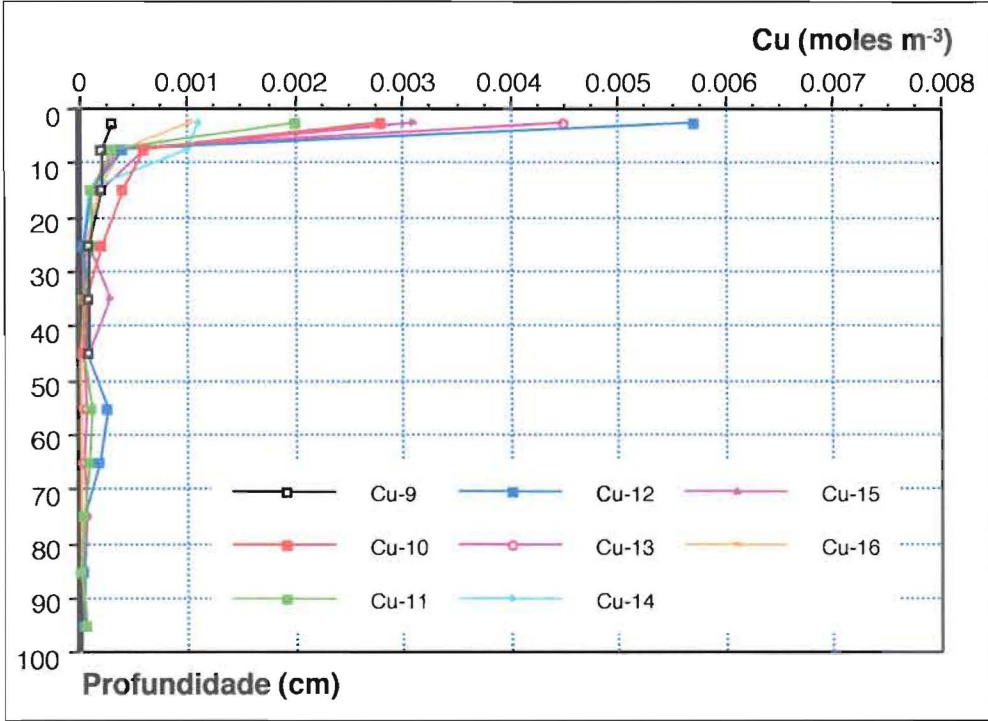


Figura 6.33 - Talhão III. Variação da concentração de Cu em solução, em profundidade, decorrente da 2ª aplicação de efluente.

Considera-se que esta rápida diminuição de Cu solúvel pode ser devida a: i) adsorção do Cu da fase líquida para a fase sólida, isto é, imobilização e retenção do Cu nas camadas superficiais; e, ou ii) transporte do Cu solúvel para o solo subjacente.

Relativamente a este aspecto, por observação da Figura 6.33, constata-se a ocorrência de transporte em profundidade, verificando-se que, por exemplo, na camada de 60 a 70 cm, a concentração de Cu solúvel passou de 0.00002 moles m^{-3} , na amostragem 9, para 0.00012 moles m^{-3} , na amostragem 11 e, 0.0002 moles m^{-3} , na amostragem 12, o que corresponde a um aumento de 1000%.

Embora nada se possa afirmar sobre a ocorrência de imobilização de Cu na fase sólida, é de admitir, com segurança, que este processo é activo, apesar de não existir informação que permita quantificar a sua extensão. No entanto, pode afirmar-se que, no solo em estudo, e tendo em consideração as condições experimentais observadas, ocorre seguramente transporte de Cu em profundidade. TEMMINGHOFF et al., 1997, trabalhando em solos arenosos contaminados com Cu, observaram também a existência de transporte de Cu em profundidade.

Uma das consequências da observação mencionada, é a constatação que, no final do período experimental, após 511 dias de ensaio e duas aplicações de efluente, a concentração de Cu solúvel nas 11 camadas, correspondentes aos 100 cm superficiais, aumentou, relativamente à concentração inicial. No Talhão III, estes aumentos são da ordem de 444% na camada superficial, diminuindo com a profundidade.

A ocorrência de transporte pode estar associada essencialmente a três causas que podem actuar em simultâneo:

1. Por um lado, e tal como se verificou com os ensaios de adsorção, este solo tem uma fraca capacidade de adsorção de Cu. Uma vez que este metal sofre essencialmente adsorção específica por complexação de superfície e o equilíbrio deste processo é relativamente rápido, os constituintes da fase sólida, cuja reactividade química é dominada pela matéria orgânica, não têm capacidade para “absorver” o impacte das alterações introduzidas pela aplicação do efluente;
2. Por outro lado, parte considerável do Cu em solução pode apresentar-se complexado, nomeadamente com o DOC. Estes complexos Cu-DOC encontram-se “protegidos” de processos de retenção/imobilização, sendo, portanto, passíveis de transporte em profundidade, desde que as condições hidrogeológicas o proporcionem. Assim, embora a capacidade de complexação do DOC seja reduzida, o aumento da sua concentração, bem como a subida do pH decorrentes da aplicação do efluente podem ser suficientes para reduzir significativamente a actividade do Cu em solução e, portanto, a sua retenção.

3. Embora a aplicação do efluente se traduza por um aumento significativo do pH nas camadas superficiais, verificou-se, ao longo do tempo, uma descida do pH em profundidade, para valores da ordem de 4.4 a 4.5 no final do período experimental. Estes valores de pH são suficientemente ácidos para provocar uma diminuição significativa da reactividade dos grupos de superfície, reduzindo, adicionalmente, a capacidade de adsorção de Cu pelos constituintes da fase sólida. Para estes valores de pH, é ainda provável que se registre alguma competição entre Al e Cu pelos grupos funcionais de superfície, com consequências na extensão do processo de retenção do Cu pelo solo subsuperficial.

6.2.2 Efeitos das Alterações Introduzidas pela Aplicação de Efluente

6.2.2.1. Efeito do DOC

As Figs. 6.34 e 6.35, mostram a variação do DOC no Talhão III, em profundidade, nos períodos correspondentes às 1ª e 2ª aplicação de efluente, respectivamente.

Nas duas Figuras são evidentes os efeitos do efluente na concentração de DOC. Tal como anteriormente referido, uma parte considerável deste DOC é constituído por ácidos gordos, rapidamente degradáveis, verificando-se, ao longo do tempo, um rápido decréscimo da sua concentração.

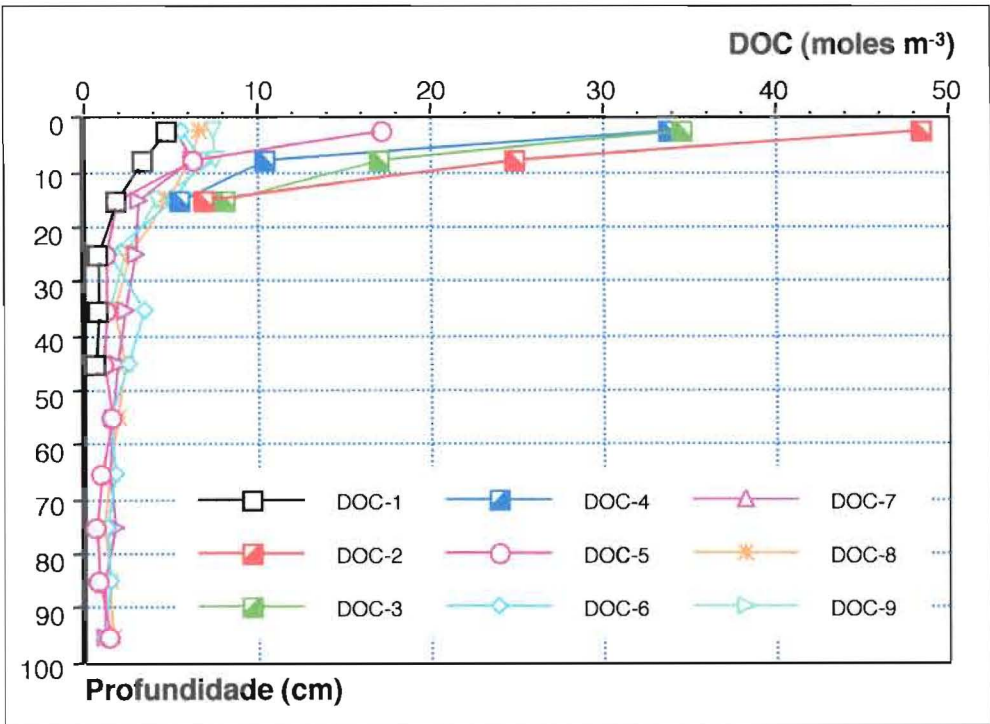


Figura 6.34 - Talhão III. Variação do DOC em profundidade, durante o período correspondente à 1ª aplicação de efluente (amostragens 1 a 9).

A degradação do DOC tem associada uma reorganização e síntese de ácidos orgânicos, cuja natureza tende a aproximar-se até se identificar com o DOC gerado pelo solo. No entanto, durante este processo, os compostos e metabolitos produzidos podem ser importantes e activos no “transporte facilitado” de elementos em profundidade.

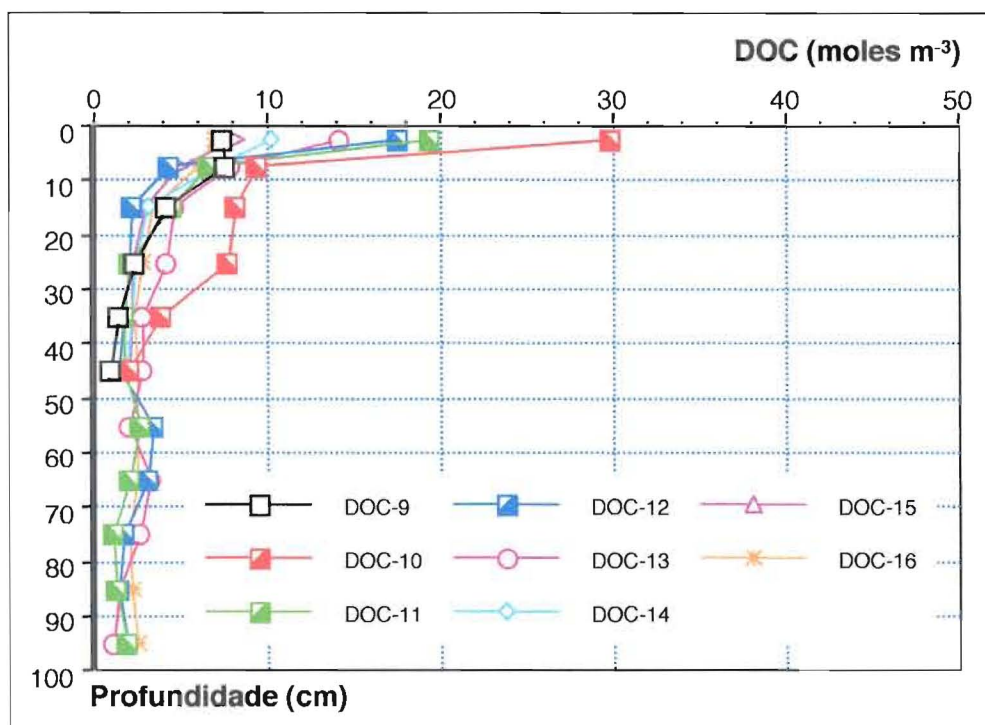


Figura 6.35 - Talhão III. Variação do DOC em profundidade, durante o período correspondente à 2ª aplicação de efluente (amostragens 9 a 16).

A nível global, a concentração de DOC foi o parâmetro com maior influência na explicação do comportamento do Cu em solução, tendo sido obtidas, para todas as amostragens, as seguintes correlações: $r = 0.878$ (Talhão I); $r = 0.837$ (Talhão II); $r = 0.725$ (Talhão III). MOOLENAAR et al., 1998; TEMMINGHOFF et al., 1998 e HANI et al., 1996, obtiveram resultados semelhantes.

As Figuras 6.36 (Talhão I - Controlo) e 6.37 (Talhão III), mostram a variação do Cu solúvel relativamente ao DOC, na camada superficial, ao longo do período experimental.

O melhor ajustamento encontrado entre Cu e DOC para o Talhão I, está provavelmente relacionado com a natureza do DOC em solução. Enquanto que no Talhão I o carbono orgânico em solução, reflecte o DOC gerado pelo solo, no Talhão III, o DOC extraído após a aplicação do efluente, tem, como anteriormente referido, uma constituição diferente, não apresentando o comportamento complexante característico dos ácidos orgânicos gerados pelo solo, nomeadamente ácidos húmicos (AH) e ácidos fúlvicos (AF). Assim, só após degradação deste DOC, uma parte será convertida em AH e/ou AF, adquirindo então semelhante comportamento. O mesmo acontece, embora numa menor extensão, com o DOC introduzido no Talhão II.

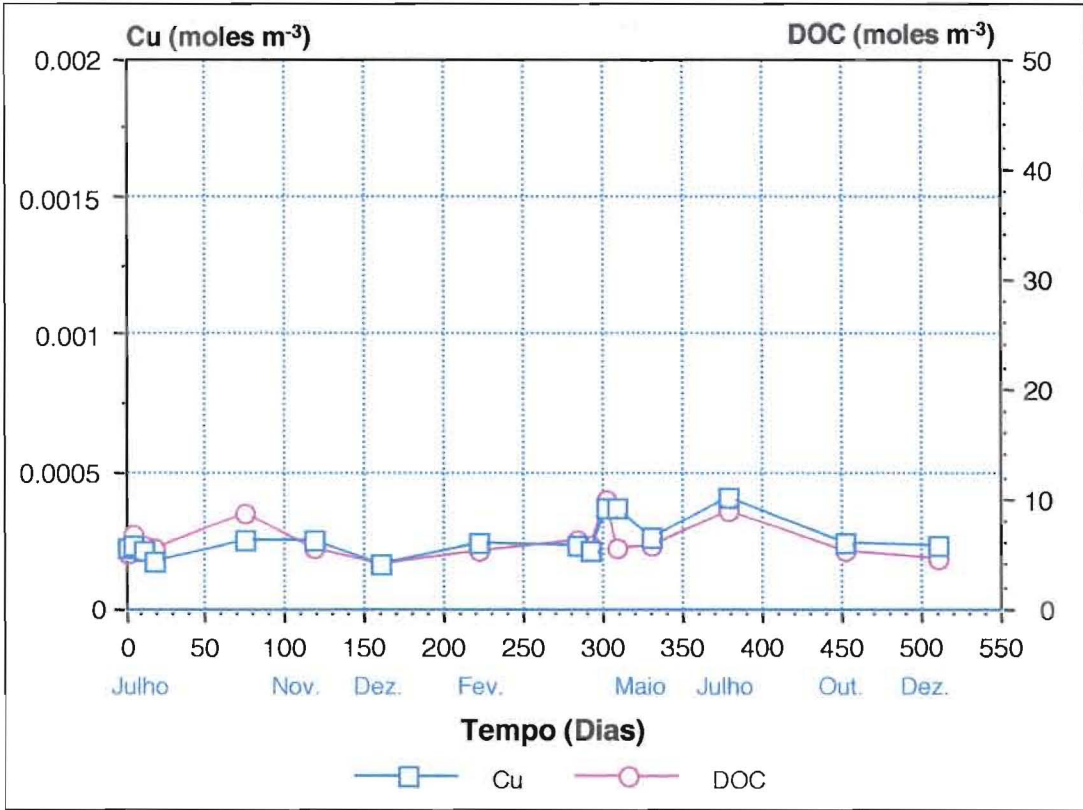


Figura 6.36 - Talhão I. Concentração de Cu relativamente ao DOC, na camada 0 a 5 cm.

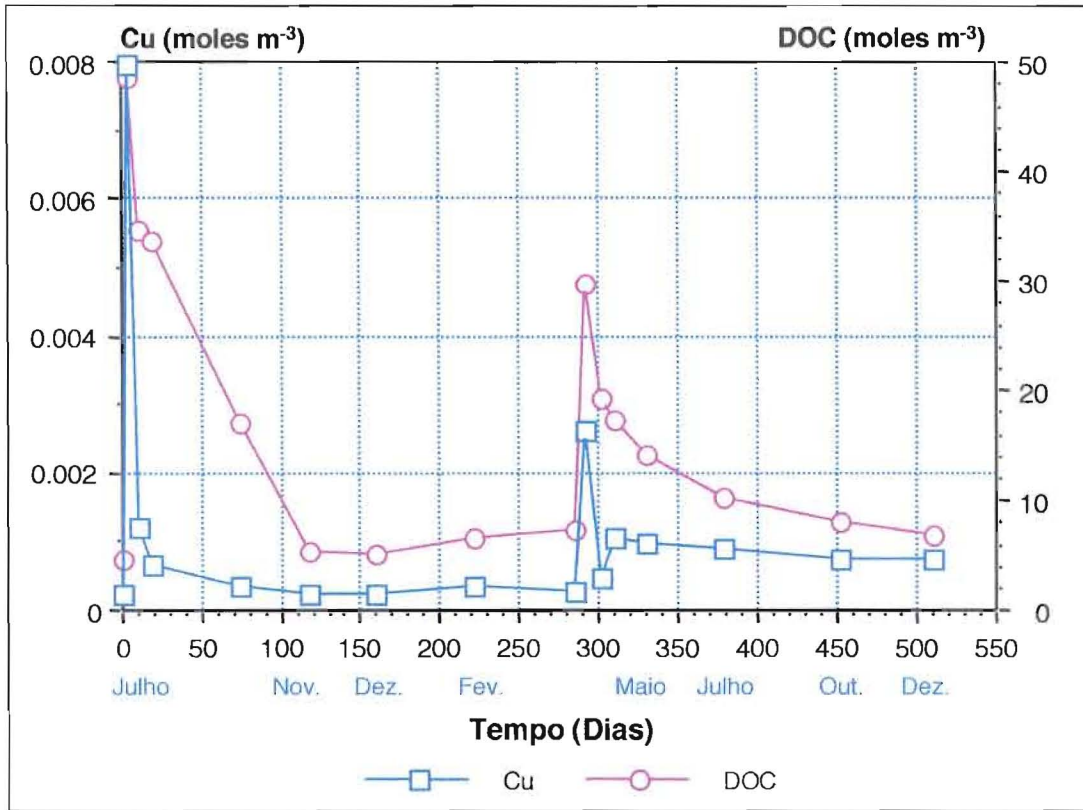


Figura 6.37 - Talhão III. Concentração de Cu relativamente ao DOC, na camada 0 a 5 cm.

6.2.2.2. Efeito do Teor em Carbonatos

No solo em estudo, e de acordo com a natureza do efluente aplicado (ANEXO A4), pode considerar-se que a alcalinidade do sistema pode ser expressa no teor em carbonatos, sendo este outro parâmetro que apresenta correlações relativamente elevadas com a concentração de Cu em solução, à excepção do Talhão I. Assim, para o conjunto das 16 amostragens foram obtidos os valores de $r = 0.808$ para o Talhão II e $r = 0.787$ para o Talhão III.

As Figuras 6.38 e 6.39 mostram a relação entre o teor em carbonatos solúveis e o Cu presente na solução do solo, para a camada superficial (0 a 5 cm) dos Talhões I e III, respectivamente. Considerando os valores de pH da solução do solo, o teor em carbonatos, embora expresso em CO_3^{2-} , corresponde às espécies HCO_3^- e CO_3^{2-} .

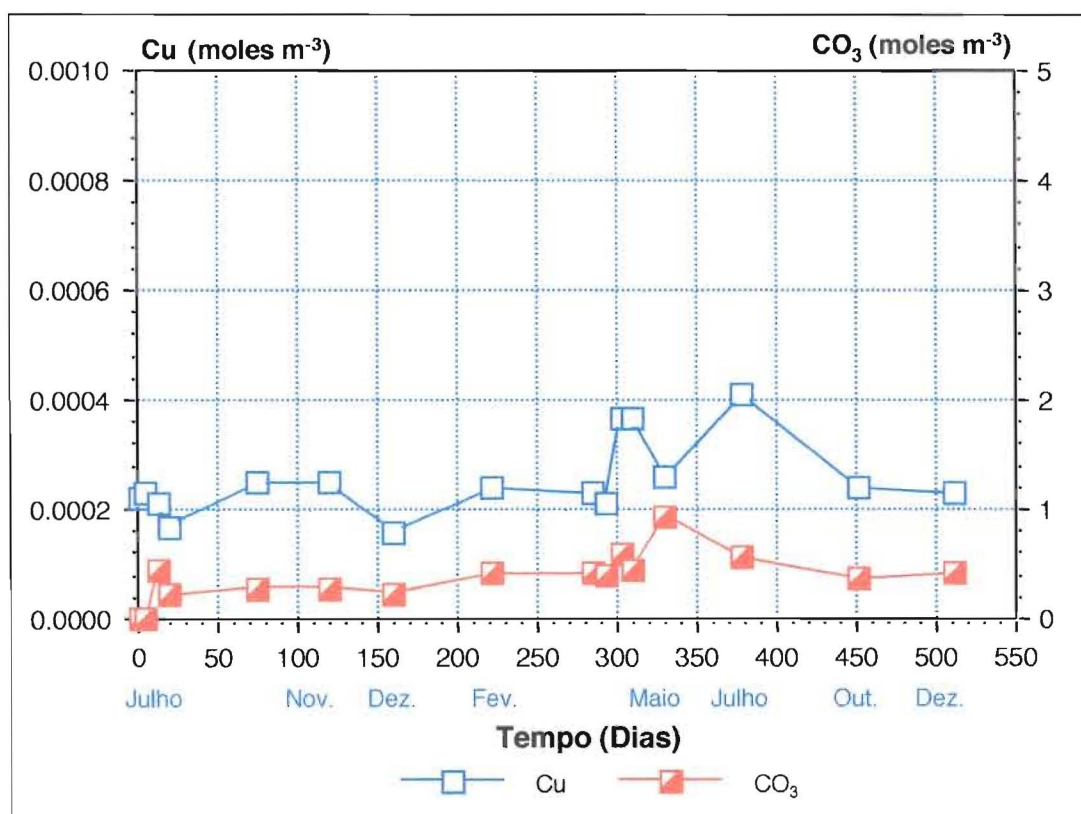


Figura 6.38 - Talhão I. Relação entre Cu solúvel e teor em CO_3 , na camada superficial.

De um modo geral, os carbonatos dissolvidos, nomeadamente em solos ácidos, resultam de reacções de equilíbrio entre constituintes da solução do solo e o CO_2 , proveniente da atmosfera e de diversos constituintes do solo (nomeadamente da decomposição microbiana da matéria orgânica). Estes carbonatos, participando em variadas reacções ácido-base, bem como em reacções de troca, têm grande importância na regulação do pH e são uma medida indirecta da capacidade tamponizante do solo (STUMM e MORGAN, 19081).

Assim, os aumentos em carbonatos (dissolvidos) verificados ao longo do período experimental, estão geralmente associados a aumentos de pH e, portanto, a uma maior capacidade de dissolução de CO_2 . Estes efeitos são mais evidentes quando há aplicação de efluente, isto é, nos Talhões II e III, uma vez que nestes, a variação de pH é muito mais significativa. De facto, enquanto que no Talhão I, Controlo, o valor mais elevado de pH é da ordem de 6.1, nos Talhões II e III, por efeito do efluente, o pH atinge valores da ordem de 7.4.

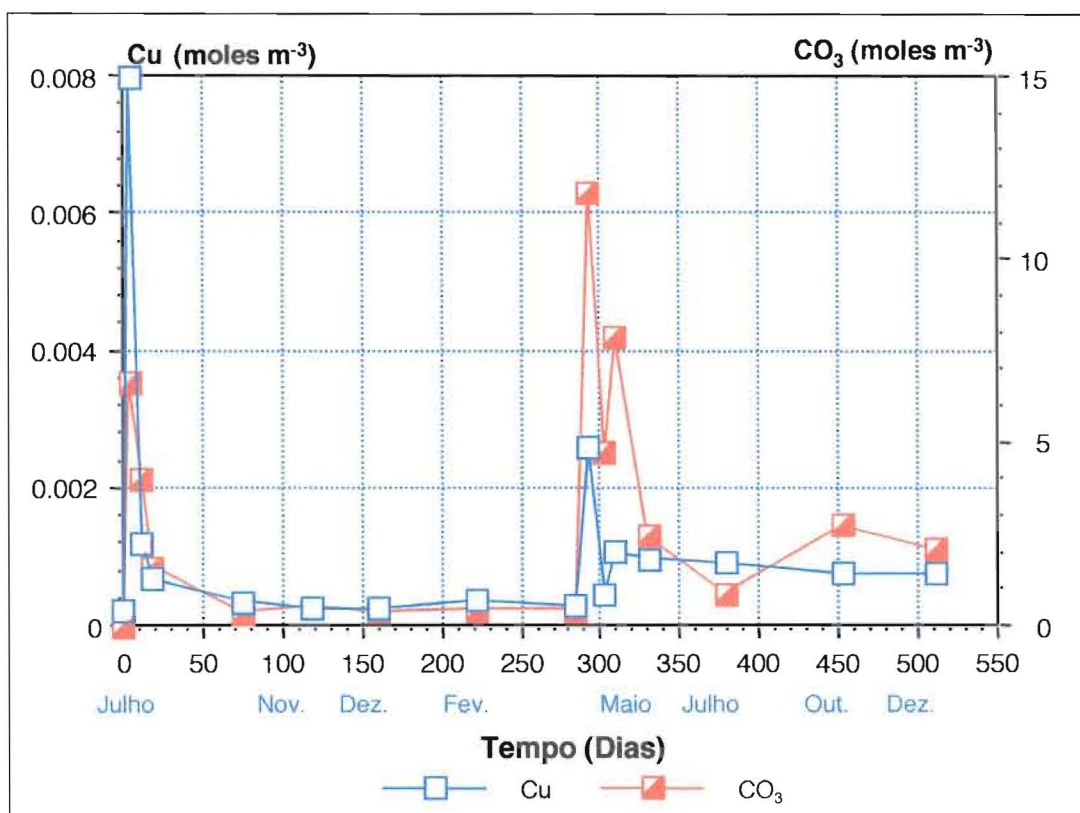


Figura 6.39 - Talhão III. Relação entre Cu solúvel e teor em CO_3 , na camada superficial.

Por sua vez estes valores máximos de pH referidos, coincidentes com a aplicação de efluente, nos Talhões II e III, estão também relacionados com máximos de DOC em solução (bem como máximos da generalidade dos catiões e aniões).

O carbono orgânico introduzido com o efluente, sendo de degradação rápida, constitui uma fonte não desprezável de CO_2 , deslocando o equilíbrio no sentido da formação de iões carbonato e bicarbonato, que se traduz num aumento da alcalinidade do sistema. Estes iões por sua vez, podem ligar-se a outros elementos em solução, entre os quais o Cu, aumentando a concentração das espécies CuHCO_3^+ e CuCO_3 (Figs. 6.40 e 6.41)¹⁰. MOOLENAAR et al., 1998 e TEMMINGHOFF et al., 1998, também referem efeitos semelhantes.

¹⁰ A especiação do Cu foi calculada utilizando a sub-rotina EXPERT, do programa matemático CHARON, ponto 6.3.4 deste Capítulo.

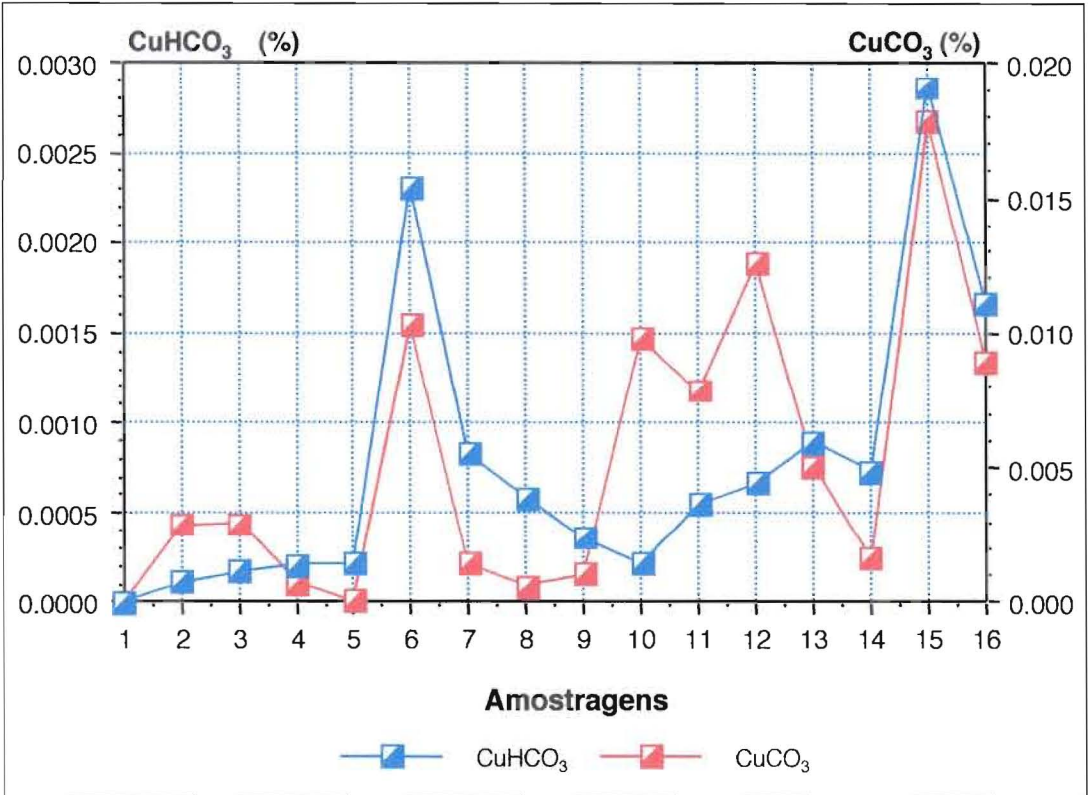


Figura 6.40 -Talhão III. Especiação Cu-CO₃, na camada superficial do solo, ao longo do período experimental

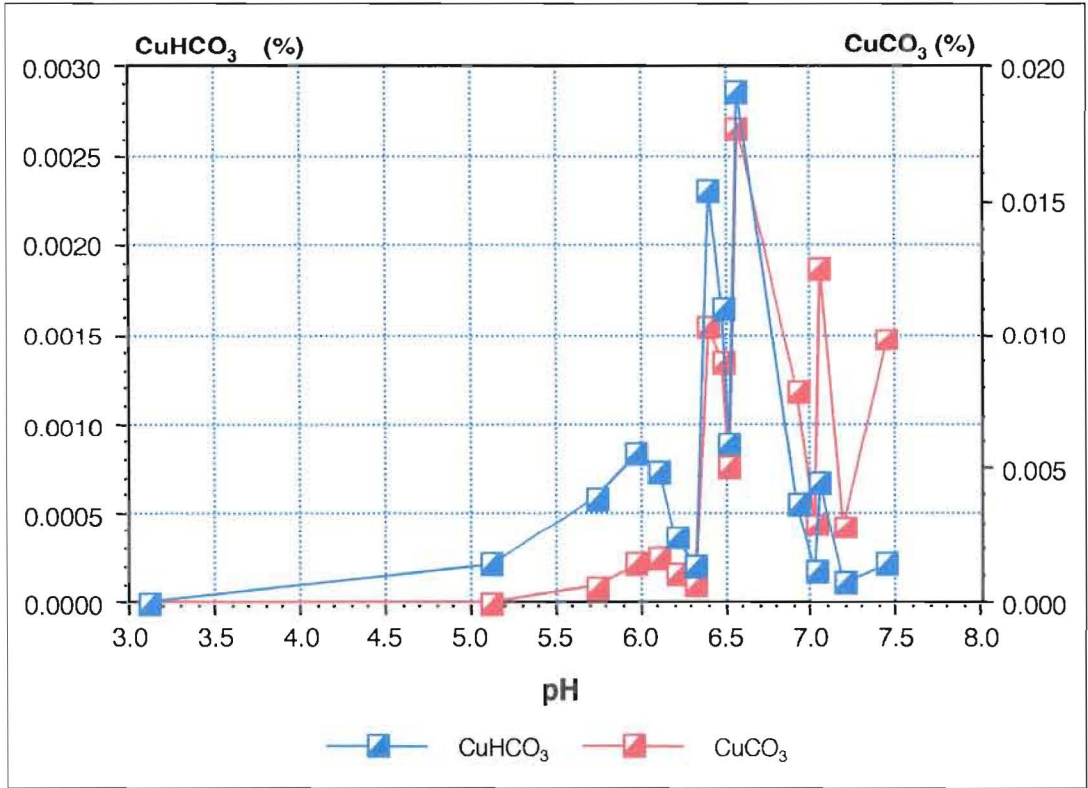


Figura 6.41 -Talhão III. Especiação Cu-CO₃, em função do pH, na solução do solo da camada superficial.

De facto, e tal como referido no Capítulo 3, os aniões carbonato e bicarbonato constituem importantes espécies inorgânicas com capacidades de complexação de MP em solução, neste caso, do Cu, o que poderá significar que as espécies inorgânicas CuCO_3 e CuHCO_3^+ são mais susceptíveis de mobilização e transporte em profundidade.

De acordo com o anteriormente mencionado, os carbonatos solúveis, para além de correlacionados com o Cu, estão também correlacionados com o DOC ($r = 0.847$, no Talhão II; $r = 0.739$, no Talhão III).

As Figuras 6.42 e 6.43 mostram a relação entre o teor em carbonatos e o DOC presentes na solução do solo, para a camada superficial dos Talhões I e III, respectivamente.

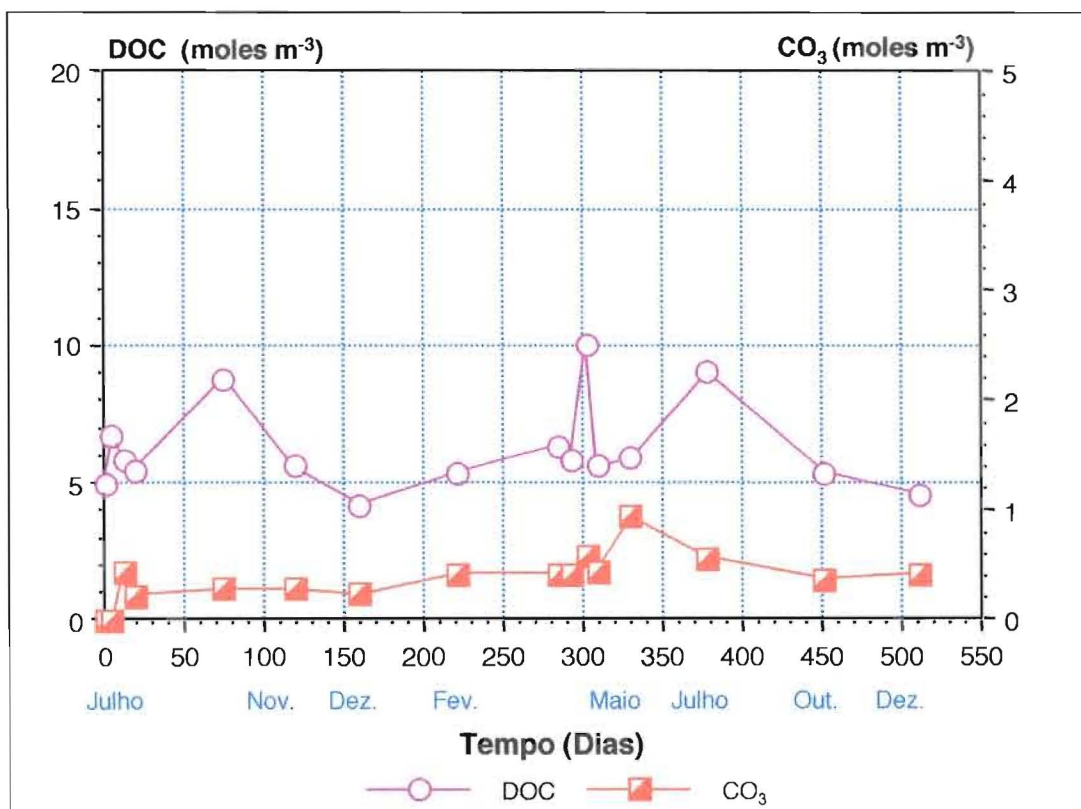


Figura 6.42 -Talhão I. Relação entre DOC e teor em CO_3 , na camada superficial.

A Figura 6.42 mostra claramente a evolução do DOC e da alcalinidade em condições naturais, isto é, o ciclo natural da matéria orgânica, com os respectivos máximos coincidentes com as épocas de maior actividade biológica e, portanto, de maior geração de DOC.

Por sua vez, a Figura 6.43, correspondente à camada superficial do Talhão III, sobrepõe àquele ciclo natural as significativas alterações introduzidas pela aplicação do efluente. Assim, nesta Figura são patentes os aumentos na concentração de DOC e na alcalinidade da solução do solo, por efeito directo do efluente aplicado.

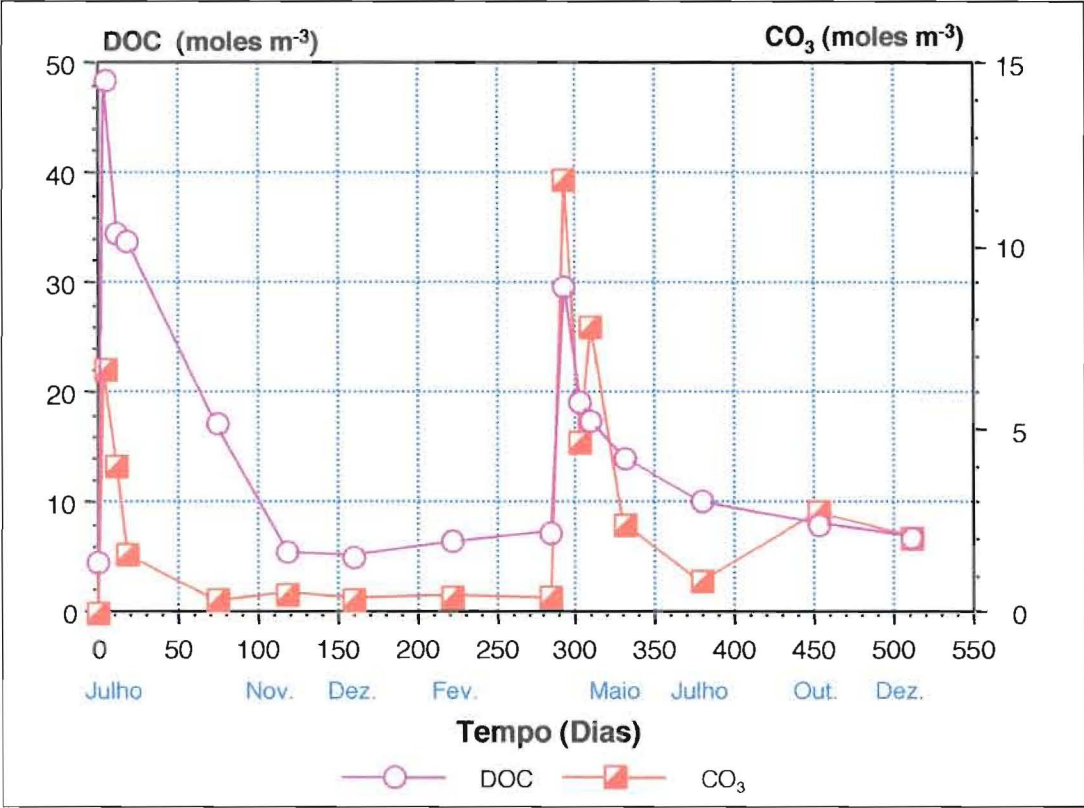


Figura 6.43 -Talhão III. Relação entre DOC e teor em CO₃, na camada superficial.

6.2.2.3. Factores que Afectam a Concentração de DOC

Tal como anteriormente mencionado, o DOC é um dos parâmetros-chave na compreensão da concentração de Cu na solução do solo, sendo, portanto, de todo o interesse analisar os factores que mais afectam aquele parâmetro, bem como a sua acção complexante.

Realizando regressões *stepwise* e múltiplas, verificou-se que, para o conjunto dos três talhões, o DOC presente em solução é razoavelmente explicado por seis (Ca, Cu, Mn, pH, Cl e C O₃) e, melhor ainda, por oito parâmetros (Ca, Cu, Al, Mn, pH, força iónica, Cl e C O₃).

$$\text{DOC} = a_1 - b_1\text{Ca} + c_1\text{Cu} + d_1\text{Mn} + e_1\text{pH} + f_1\text{Cl} + g_1\text{CO}_3^{2-} \tag{5}$$

$$\text{DOC} = a_2 - b_2\text{Ca} + c_2\text{Cu} + d_2\text{Al} + e_2\text{Mn} + f_2\text{pH} + g_2\text{I} + h_2\text{Cl} + i_2\text{CO}_3^{2-} \tag{6}$$

A equação [5] apresenta ajustamentos (R^2) de 0.887, 0.960 e 0.944, para os Talhões I, II e III, respectivamente, e um valor de 0.900 para o conjunto dos três talhões. Por sua vez, na equação [6], os ajustamentos são, respectivamente, de 0.887, 0.962, e 0.948, com um valor de 0.912 para o conjunto dos três talhões.

Embora a equação [6] não corresponda a uma melhoria muito significativa na explicação do DOC, face à equação [5], considera-se útil a sua apresentação, uma vez que, ao introduzir

o Al e a força iónica (I), explica numa maior extensão os factores mais relevantes para a remoção do DOC em solução.

De facto, e tal como referido no Capítulo 3, são vários os elementos em solução com capacidade de imobilizar o carbono orgânico, verificando-se que o Ca e o Al, bem como o Mn, dependendo da sua concentração, podem actuar como pontes de ligação entre os grupos funcionais dissociados do DOC e as cargas negativas de superfície de constituintes sólidos, proporcionando a sua retenção.

As Figuras 6.44 e 6.45 mostram a relação entre DOC e Ca presentes em solução, para os Talhões I e III, respectivamente ($r=0.777$ Talhão I e $r = 0.751$ Talhão III).

Por sua vez, a acção do pH, também explicada no Capítulo 3, ao relacionar-se com as cargas negativas de superfície influencia a concentração de ligandos em solução, verificando-se que valores baixos de pH estão associados a uma maior remoção de DOC.

As relações DOC-Cu e DOC-CO₃, foram já abordadas neste Capítulo, e a influência da força iónica não pretende traduzir senão o efeito cumulativo da presença e concentração das várias espécies iónicas em solução, bem como, segundo GERRITSE e VAN DRIEL, 1984, a sua influência nas cargas de superfície.

Nas Figuras 6.46 e 6.47, apresenta-se a relação obtida, para a camada superficial, entre o teor em DOC e a força iónica da solução, para os Talhões I e III, respectivamente.

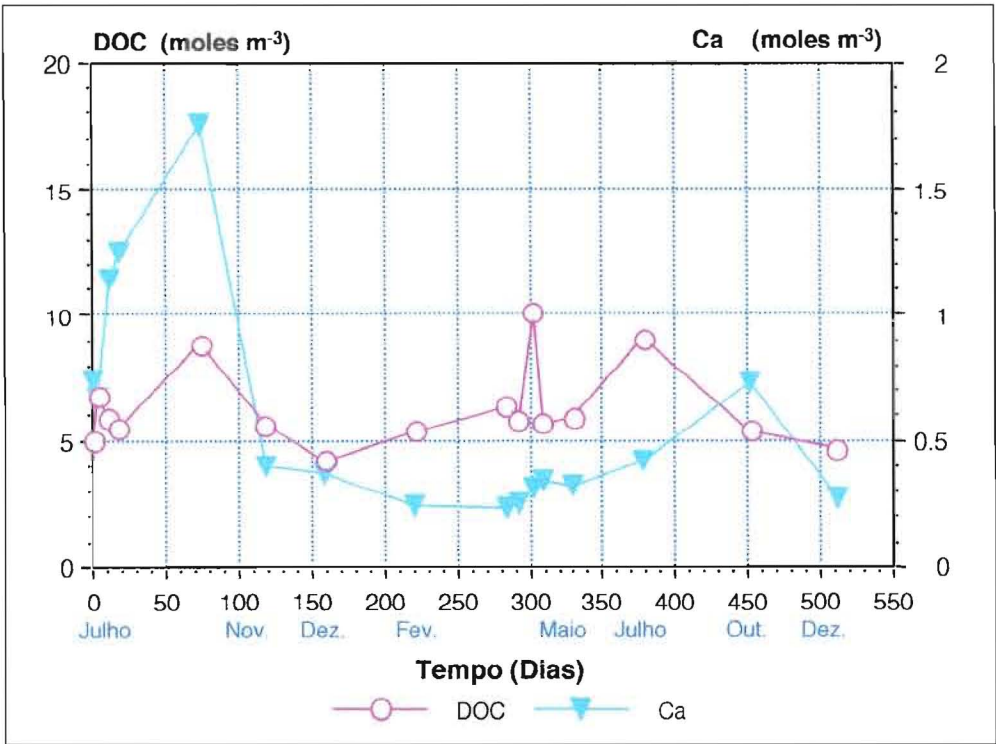


Figura 6.44 -Talhão I. Relação entre DOC e teor em Ca, na camada superficial.

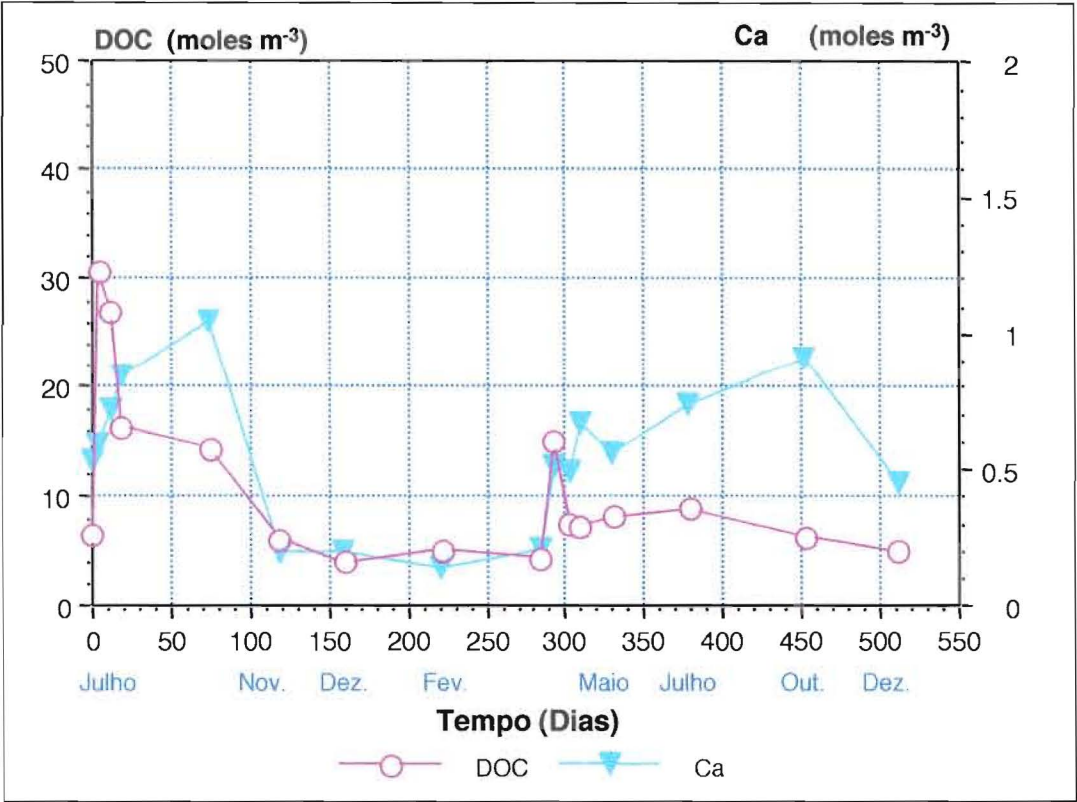


Figura 6.45 -Talhão III. Relação entre DOC e teor em Ca, na camada superficial.

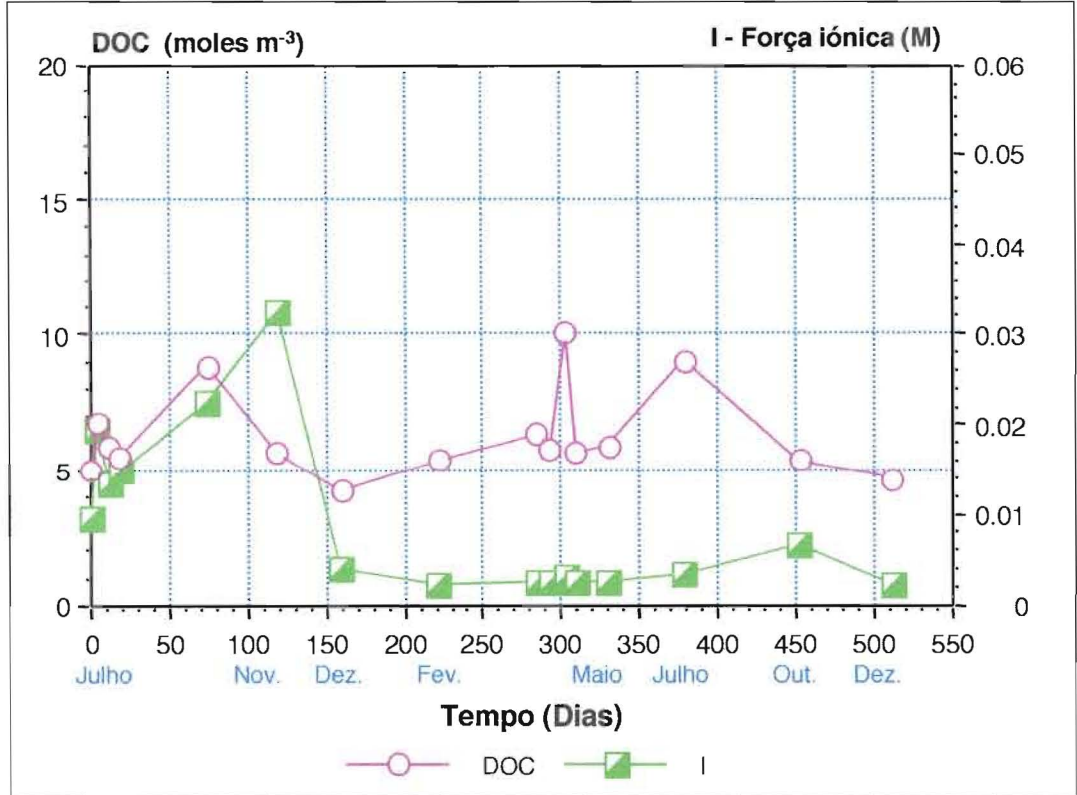


Figura 6.46 -Talhão I. Relação entre DOC e força iônica, na camada superficial.

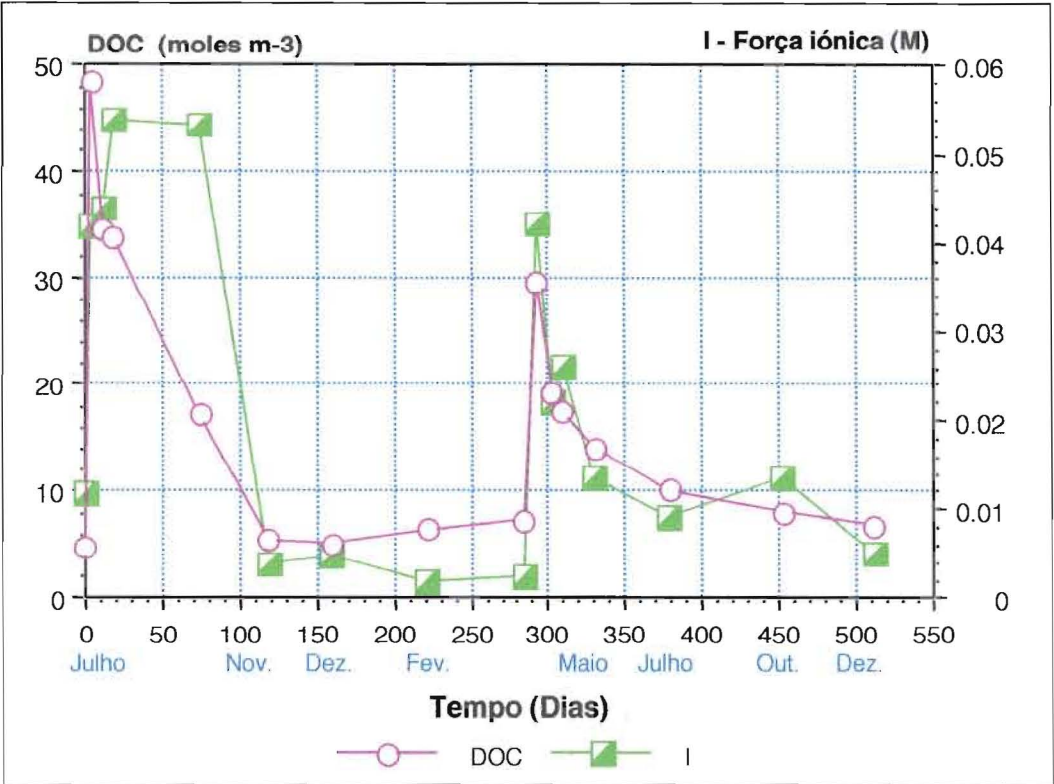


Figura 6.47 -Talhão III. Relação entre DOC e força iónica, na camada superficial.

As correlações obtidas entre DOC e força iónica I, foram de 0.702 e 0.852, para os Talhões I e III, respectivamente.

Comparando a Figura 6.47 com a Figura 6.46 observa-se, de forma clara, o efeito das alterações introduzidas pelo efluente aplicado (particularmente no que se refere à concentração dos vários aniões e catiões em solução) na variação do DOC.

A importância deste parâmetro (I), traduz-se essencialmente no facto de representar o efeito cumulativo da concentração dos diferentes iões em solução e, portanto, a possibilidade de ocorrerem fenómenos de competição iónica não só entre fases sólida e líquida, como também a nível da complexação dissolvida e da estabilidade dos complexos formados.

6.2.3 Considerações Finais

Para explicar o comportamento observado para o Cu, tanto ao longo do tempo, como em profundidade, procurou-se encontrar, recorrendo a regressões *stepwise* e múltiplas, os melhores ajustamentos entre a concentração de Cu e todos os outros parâmetros caracterizadores da solução do solo, tendo-se obtido as equações a seguir indicadas ([6] a [10]):

- Talhão I (126 observações)

$$\text{Cu} = a_1 + b_1\text{DOC} + c_1\text{Al}^{3+} - d_1\text{CO}_3^{2-} - e_1\text{SO}_4^{2-} - f_1\text{Eh} - g_1\text{H}^+ \quad [6]$$

$$R^2=0.831$$

- Talhão II (127 observações)

$$\text{Cu} = a_2 + b_2\text{DOC} + c_2\text{Ca}^{2+} - d_2\text{CO}_3^{2-} - e_2\text{SO}_4^{2-} - f_2\text{Na}^+ + g_2\text{PO}_4^{3-} \quad [7]$$

$$R^2=0.928$$

- Talhão III (127 observações)

$$\text{Cu} = a_3 + b_3\text{DOC} + c_3\text{Ca}^{2+} + d_3\text{CO}_3^{2-} - e_3\text{SO}_4^{2-} - f_3\text{Cl}^- - g_3\text{PO}_4^{3-} + h_3\text{Mg}^{2+} + i_3\text{I}^- \quad [8]$$

$$R^2=0.911$$

- Conjunto dos três talhões (380 observações)

$$\text{Cu} = a_4 + b_4\text{DOC} - c_4\text{Ca}^{2+} + d_4\text{CO}_3^{2-} - e_4\text{SO}_4^{2-} - f_4\text{Cl}^- - g_4\text{PO}_4^{3-} + h_4\text{Mg}^{2+} + i_4\text{NH}_4^+ \quad [9]$$

$$R^2=0.832$$

- Talhão II + Talhão III (254 observações)

$$\text{Cu} = a_5 + b_5\text{DOC} + c_5\text{Ca}^{2+} + d_5\text{CO}_3^{2-} - e_5\text{SO}_4^{2-} - f_5\text{Cl}^- - g_5\text{PO}_4^{3-} + h_5\text{Mg}^{2+} + i_5\text{NH}_4^+ \quad [10]$$

$$R^2=0.848$$

Estas equações, têm apenas um valor relativo e, de uma maneira geral, integram como variáveis os constituintes em solução com potencial capacidade de complexação do Cu.

Com efeito, para além da complexação orgânica, aqui traduzida pelo DOC, estão também incluídas as principais formas aniónicas inorgânicas com capacidade de complexação do Cu, como é o caso dos carbonatos, cloretos, sulfatos e fosfatos. Deste modo, estas equações traduzem, em Cu solúvel, o resultado da “competição” pelo Cu entre processos de retenção e processos de mobilização.

No entanto, destes factores, o DOC, constitui, de facto, o parâmetro-chave, para a explicação da mobilidade do Cu, uma vez que, por si só, explica cerca de 80% da variação observada. A importância do DOC na mobilidade do Cu foi também observada por TEMMINGHOFF et al., 1998 e 1997. Como se pode verificar, a equação [10] que, em princípio, estabelece os parâmetros responsáveis pela explicação de 85% do comportamento observado para o Cu solúvel, em solos submetidos à aplicação de efluentes de suinicultura, recorre às mesmas variáveis que a equação [9], que se aplica ao sistema global, uma vez que inclui o Talhão I, de controlo.

Assim, pode considerar-se que a equação [9] explica, com um rigor aceitável (83% da variação obtida entre 380 observações), a dinâmica do Cu no sistema solo/efluente.

6.3. MODELAÇÃO

6.3.1 Especiação do Cobre na Solução do Solo. Efeitos do Efluente Aplicado.

6.3.1.1 Considerações Gerais

De acordo com o referido no Capítulo 6, foi utilizada a sub-rotina EXPERT, do programa matemático CHARON, para calcular a especiação dos diversos componentes presentes na solução do solo e considerados pelo modelo. Estes componentes, referidos no ANEXO A5, são: Ca, Mg, K, Na, NH_4 , Al, Fe, Cu, Zn, Cl, SO_4 , NO_3 , CO_3 , PO_4 e DOC (HUM). As espécies consideradas como relevantes para este caso de estudo (69 espécies), estão também apresentadas no mesmo ANEXO A5.

Nesta sub-rotina, depois de introduzidos os dados acima referidos, para cada amostragem, a solução apresentada é calibrada para o pH dessa mesma amostragem, sendo então calculada a solução final para esse sistema de equilíbrio.

Dado o elevado número de amostragens e profundidades consideradas, este estudo foi realizado apenas para a camada superficial (0 a 5 cm) de todos os talhões, em todas as amostragens.

A escolha desta camada resulta de: i) o solo superficial constituir a interface mais próxima com o ambiente externo e, neste caso de estudo, receber directamente o efluente aplicado; ii) ser a camada quimicamente mais activa (DOC, MO, actividade biológica, CO_2 , etc.) e, portanto, onde têm lugar grande parte das alterações químicas mais significativas; iii) desta maior reactividade química, depender, em larga medida, o transporte para camadas subjacentes, influenciando, indirectamente o que se passa ao longo do perfil.

6.3.1.2 Especiação do Cobre em Solução

No que se refere à especiação do Cu em solução, verificou-se que, das nove espécies de Cu consideradas (Cu^{2+} , CuOH^+ , Cu(OH)_2 , CuHPO_4 , CuPO_4^- , CuCO_3 , CuHCO_3^+ , CuHHUM^+ e CuHUM), as duas últimas, CuHHUM^+ e CuHUM , dominam significativamente todas as outras, facto que demonstra e está de acordo com a grande afinidade e selectividade entre Cu e DOC.

Por este motivo, na apresentação e discussão dos resultados apresentados neste ponto dar-se-á relevo apenas a três espécies de Cu, concretamente o Cu^{2+} , e os dois complexos Cu-DOC: (CuHHUM^+ e CuHUM).

As Figuras 6.48 e 6.49 representam a variação da especiação do Cu, expressa em percentagem, ao longo do período experimental, em função do pH, para os Talhões I e III, respectivamente.

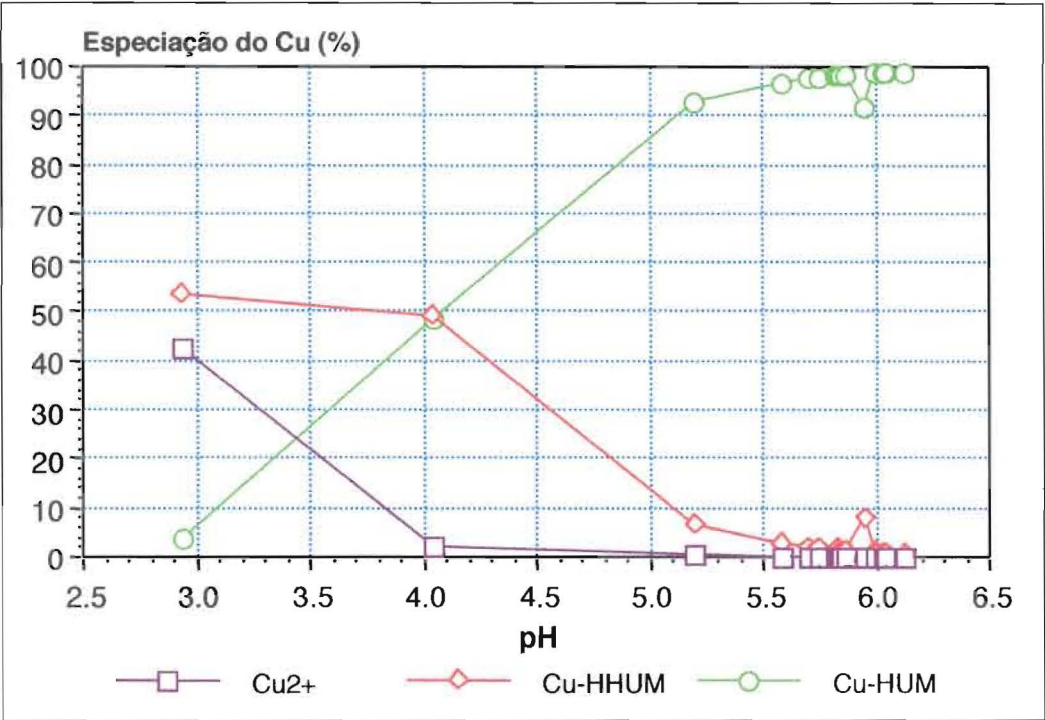


Figura 6.48 - Talhão I. Especiação do Cu (%), em função do pH, ao longo do período experimental.

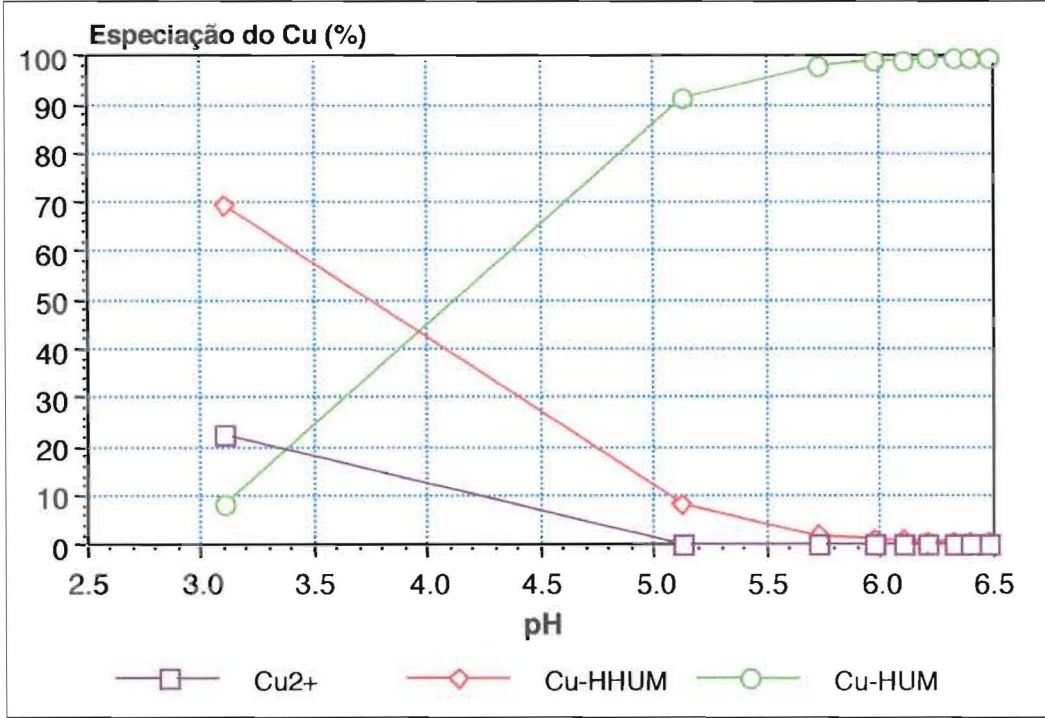


Figura 6.49 - Talhão III. Especiação do Cu (%), em função do pH, ao longo do período experimental.

Existem correlações significativas entre cada uma das três espécies representadas e o pH, o que demonstra a dependência entre a especiação do Cu e este parâmetro. O Quadro 6.11, mostra os valores dos coeficientes de correlação obtidos, para as três espécies, em cada um dos Talhões experimentais.

Quadro 6.11 - Coeficientes de correlação entre as espécies de Cu e o pH

	Cu²⁺			CuHHUM⁺			CuHUM		
	Talhão I	Talhão II	Talhão III	Talhão I	Talhão II	Talhão III	Talhão I	Talhão II	Talhão III
r	- 0.841; - 0.902; -0.823			- 0.957; - 0.903; - 0.865			0.972; 0.903; 0.856		

De facto, e de acordo com o representado nas Figuras 6.48 e 6.49, a forma de Cu livre diminui muito rapidamente com o pH, só tendo alguma expressão para valores muito baixos deste parâmetro, dependendo ainda da concentração de DOC na solução do solo.

No Talhão I, Figura 6.48, para pH 3, cerca de 40% do Cu encontra-se na forma livre de Cu²⁺, enquanto que no Talhão III, Figura 6.49, para o mesmo valor de pH, a percentagem de Cu livre é inferior a 30%.

Esta diferença pode, provavelmente, atribuir-se a causas como:

1. influência do nível de DOC, verificando-se que, no Talhão I, o seu valor é da ordem de 4.7 moles m³ sendo no Talhão III de 5 moles m³.
2. influência do teor em Al e Fe. No Talhão I a sua concentração, para estes valores de pH, é bastante superior à encontrada no Talhão III (0.189 moles m³ de Al e 0.162 moles m³ de Fe, no Talhão I, para 0.060 moles m³ de Al e 0.008 moles m³ de Fe, no Talhão III). O Al e Fe também formam complexos organo-metálicos em solução, podendo, portanto, competir com o Cu para os grupos funcionais dissociados do DOC.

Estes efeitos prováveis são ainda reforçados pelo facto, patente nas duas figuras, de que a percentagem de Cu complexado como CuHHUM, para valores baixos de pH, é significativamente superior no Talhão III (mais de 70%), relativamente ao Talhão I (cerca de 52%).

No que se refere à complexação Cu-DOC, verifica-se também uma dependência do pH, relativamente à espécie dominante. Nos três talhões, para valores baixos de pH, o Cu liga-se predominantemente aos grupos carboxílicos do DOC (CuHHUM). No entanto, para valores de pH superiores a 4, domina o Cu complexado com os grupos fenólicos (CuHUM) que, deste modo, constitui a principal espécie dissolvida de Cu, para o intervalo de pH geralmente encontrado neste tipo de solos (4.5 a 6.5).

Isto significa que, enquanto que a espécie CuHHUM está negativamente correlacionada com o pH, a espécie CuHUM apresenta uma correlação positiva com este parâmetro.

6.3.1.3 Variação da Especiação de Cobre ao Longo do Período Experimental

Embora tenha sido calculada a especiação de vários componentes da solução do solo, para a camada superficial de todos os Talhões, nas 16 amostragens, não faria grande sentido apresentar, neste contexto, todos os resultados obtidos.

Para demonstrar o efeito da aplicação do efluente na especiação do Cu em solução, optou-se por centrar esta apresentação no Talhão III, para as seguintes amostragens:

1. Amostragem 1 - dia 0, é a amostragem imediatamente anterior à 1ª aplicação de efluente, e onde são atingidos, para os três Talhões, os valores mais baixos de pH.
2. Amostragem 10 - amostragem realizada no dia 292, 8 dias após a 2ª aplicação de efluente. Optou-se por esta amostragem, relativamente à amostragem 2 (nas mesmas condições, relativamente à 1ª aplicação), uma vez que, embora nos dois casos houvesse necessidade de recorrer à rega, no primeiro, a água nem sempre teve a qualidade desejável.
3. Amostragem 12 - realizada no dia 309, 25 dias após a 2ª aplicação de efluente, traduzindo, em princípio, alguma estabilização dos efeitos do efluente aplicado.
4. Amostragem 16 - realizada no dia 511, reflete as condições de “equilíbrio” no final do período experimental.

Para além da especiação do Cu (concretamente das espécies Cu^{2+} , CuHHUM^+ , e CuHUM , foi também analisada a distribuição do DOC nas suas componentes mais importantes (H_2HUM , HHUM^+ , e HUM^{2-}), uma vez que está intimamente relacionada com a especiação do Cu, entre outros. Foi ainda analisada a especiação do Ca entre as espécies Ca^{2+} , CaHHUM^+ e CaHUM , considerando-se que estas se relacionam com a complexação Cu-DOC. Do mesmo modo, sempre que tido como relevante, será apresentada a especiação organo-metálica do Al e Fe.

As Figuras 6.44 e 6.45, referem-se à amostragem 1. A Figura 6.44 diz respeito à especiação do DOC (nas espécies anteriormente mencionadas), e a Figura 6.45, mostra a especiação calculada para o Cu e para o Ca.

Nestas Figuras, bem como em todas as outras apresentadas neste ponto, a especiação é apresentada em função do pH. Para este efeito, para a composição da solução do solo de cada amostragem, foram realizadas, através da sub-rotina EXPERT, titulações em que se pretendeu variar a actividade do ião H^+ . O intervalo de pH considerado foi de 2.5 a 11.5, com adições de 0.2 mL (num total de 45 passos). Apesar deste intervalo de pH poder ser considerado excessivo (não se encontram no solo valores de pH 11.5), considerou-se útil visualizar a evolução e estabilidade das várias espécies consideradas.

Embora, tal como referido no Capítulo 5, a su-rotina EXPERT seja estática, não incluindo factores dinâmicos como transporte e tempo, este procedimento, permitirá, de algum modo, estabelecer conclusões e previsões sobre a alteração do comportamento do Cu neste solo face a variações das condições ambientais, nomeadamente do pH.

O pH de um solo é um factor-chave, podendo considerar-se como um "reflexo" das alterações provocadas por modificações de sistemas de uso, por exemplo.

Na camada superficial da 1ª amostragem do Talhão III (Figuras 6.50 e 6.51), o valor de pH era de 3.103 e o teor em DOC, expresso como fracção molar¹¹, era de 0.256 moles.

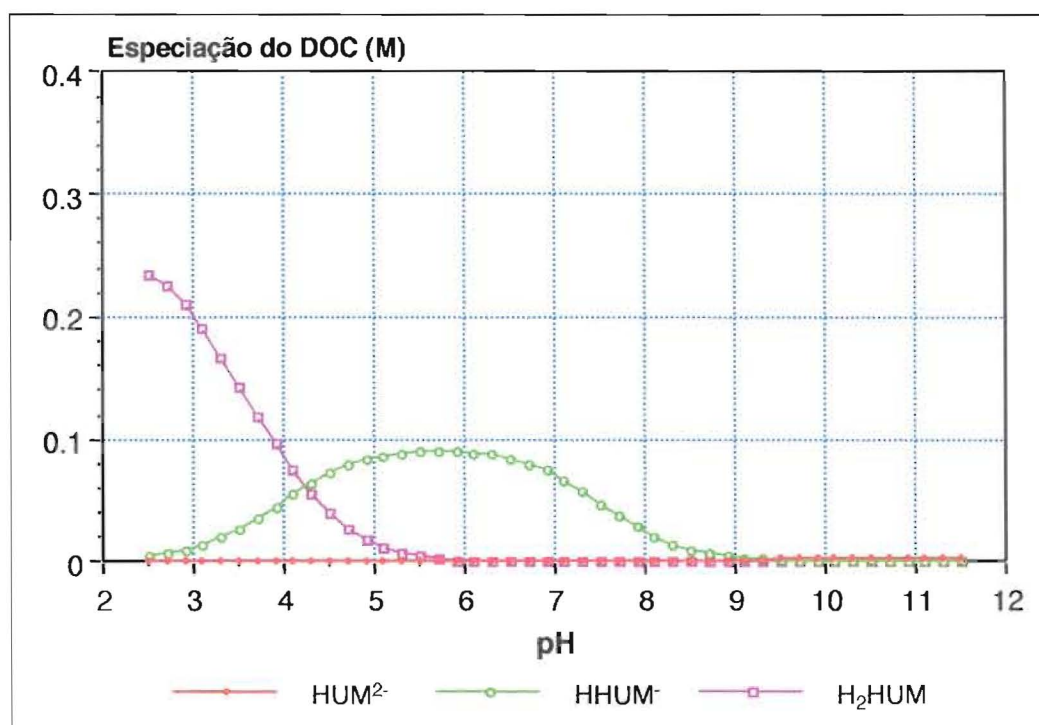


Figura 6.50 - Talhão III. Especiação do DOC na camada superficial da amostragem 1. (pH = 3.103; DOC = 0.256 M)

Tal como se pode observar na Figura 6.50, para valores de pH inferiores a 3, o DOC predomina em formas não dissociadas, sendo portanto muito baixa a sua capacidade de complexação.

Com o aumento do pH, nomeadamente entre pH 2.5 e pH 6, ocorre a dissociação de grupos funcionais carboxílicos, aumentando a capacidade de complexação do DOC em solução.

Nestas condições de composição da solução do solo, e para o intervalo de pH considerado, os grupos fenólicos apresentam uma dissociação muito baixa e, portanto, permanecem praticamente inactivos, como grupos complexantes.

¹¹ neste solo, de acordo com os resultados obtidos no ponto 6.3 deste Capítulo, o peso molecular do DOC é de 220 g.

Relativamente ao período experimental, esta situação pode considerar-se extrema, verificando-se que o poder complexante do DOC é muito baixo, e sobretudo garantido pela dissociação de grupos carboxílicos.

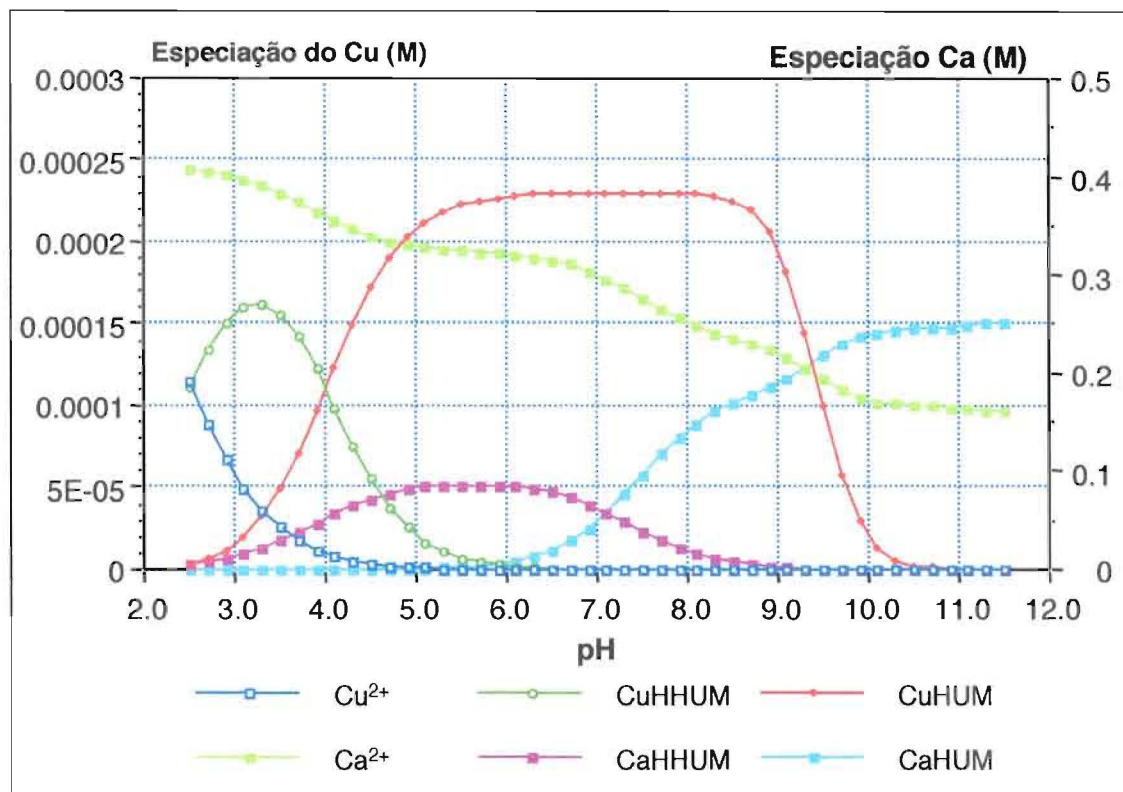


Figura 6.51 - Talhão III. Especiação do Cu e Ca na amostragem 1, camada superficial. (pH = 3.103; DOC = 0.256 M)

De acordo com a Figura 6.51, enquanto que para valores de pH da ordem de 2.5, cerca de 50% do Cu em solução se encontra na forma livre, Cu^{2+} , para as condições da 1ª amostragem (pH 3.1), esse valor desce para 22.6%, diminuindo, portanto, a actividade do Cu e predominando o Cu complexado pelos grupos carboxílicos dissociados, CuHHUM .

Relativamente ao Ca, predomina largamente a espécie Ca^{2+} (96.3%) mas, a partir de valores de pH ligeiramente inferiores a 5, parte do Ca é complexado com a fracção carboxílica do DOC, competindo, deste modo, com o Cu, para esses grupos funcionais. Assim, para valores de pH entre 5 e 6, praticamente a totalidade dos radicais carboxílicos do DOC estão complexados com o Ca, e o Cu complexa-se essencialmente com os grupos fenólicos.

A Figura 6.52 mostra a especiação organo-metálica do Fe e Al, para as mesmas condições da amostragem 1. Tal como referido anteriormente, para os valores de pH encontrados (3.1), cerca de 39% do Al, e 99.7% do Fe estão complexados com o DOC, podendo competir com o Cu para os mesmos grupos funcionais. Nestas condições de competição, o

Fe e Al podem aumentar a actividade do Cu por diminuição da formação de complexos Cu-DOC.

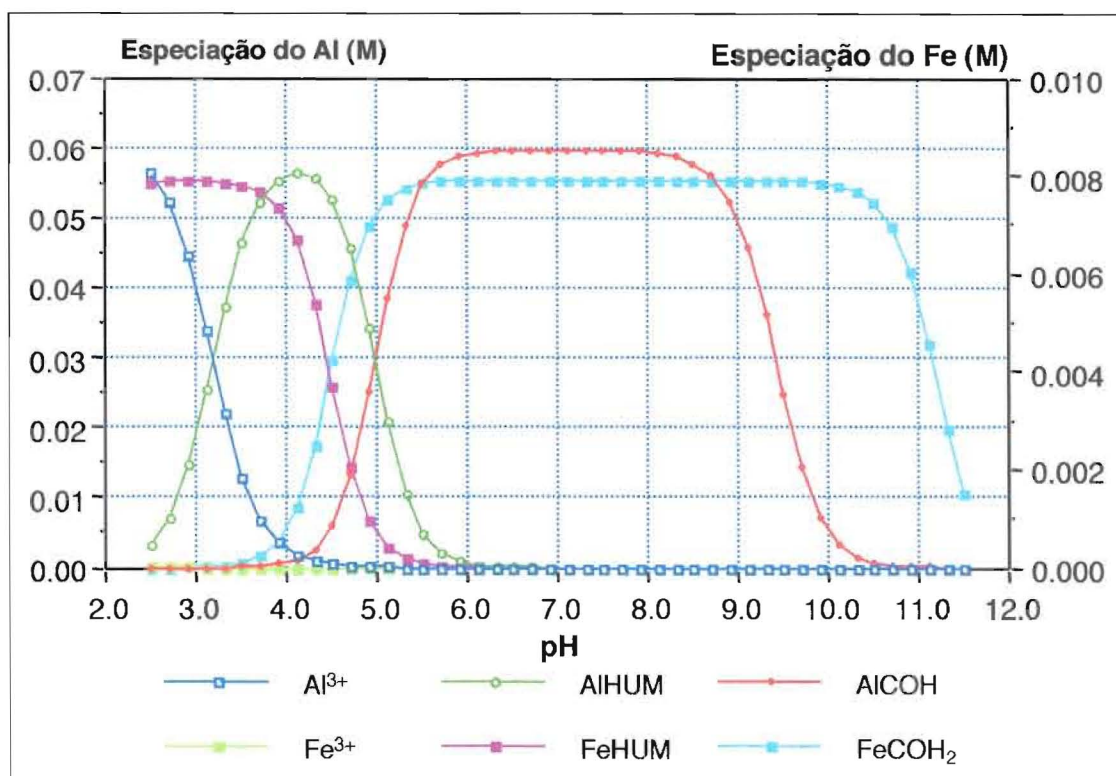


Figura 6.52 - Talhão III. Especiação organo-metálica do Al e Fe na amostragem 1, camada superficial

Assim, nas condições da 1ª amostragem verifica-se que a actividade do Cu depende em larga medida de parâmetros como:

- concentração de DOC e capacidade de dissociação dos seus grupos funcionais (fortemente dependente do pH);
- teor e actividade do Al e Fe.

O Ca, embora referido anteriormente, só intervém significativamente na actividade do Cu para valores de pH superiores aos encontrados nesta 1ª amostragem. Para estas condições, considera-se o Ca como não relevante para a especiação do Cu.

As Figuras 6.53 e 6.54, representam a dissociação do DOC e a especiação do Cu e Ca para as condições de composição da solução do solo na amostragem 10 (pH = 7.442; DOC = 1.610 M).

Como se pode observar na Figura 6.53 a aplicação de efluente teve uma influência significativa na concentração de DOC, que se manifestou, não só a nível global, mas também a nível da capacidade de dissociação de ambos os grupos carboxílicos e fenólicos, sendo bastante superior a sua capacidade complexante, quando comparada com a apresentada na Figura 6.50.

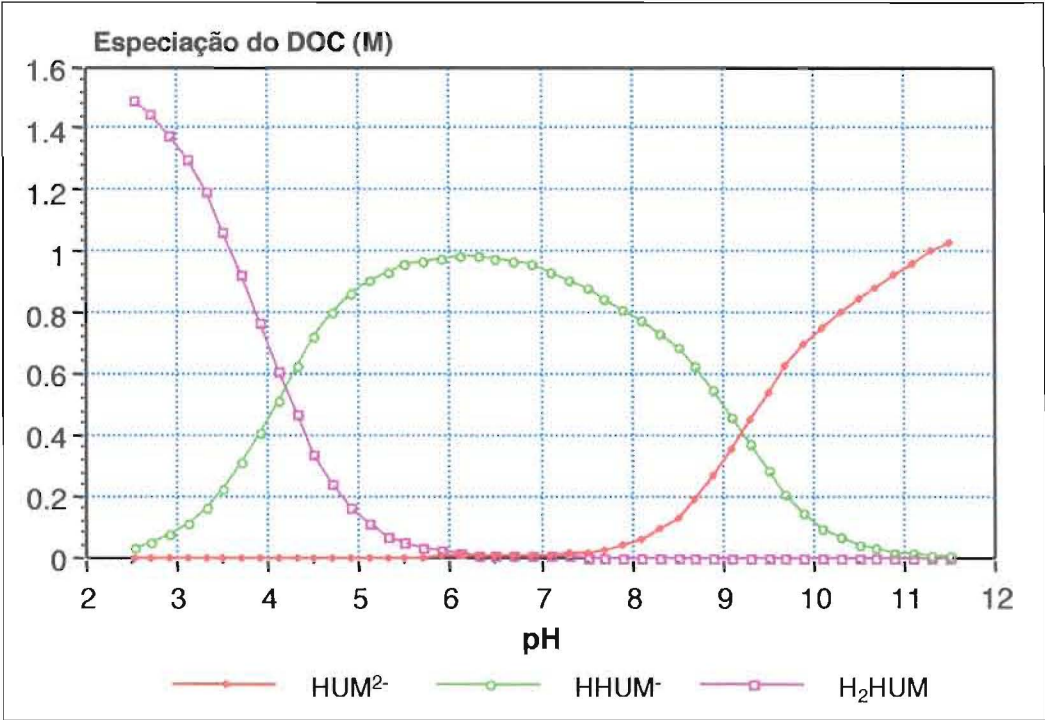


Figura 6.53 - Talhão III. Especiação do DOC na amostragem 10, camada superficial. (pH = 7.442; DOC = 1.610 M)

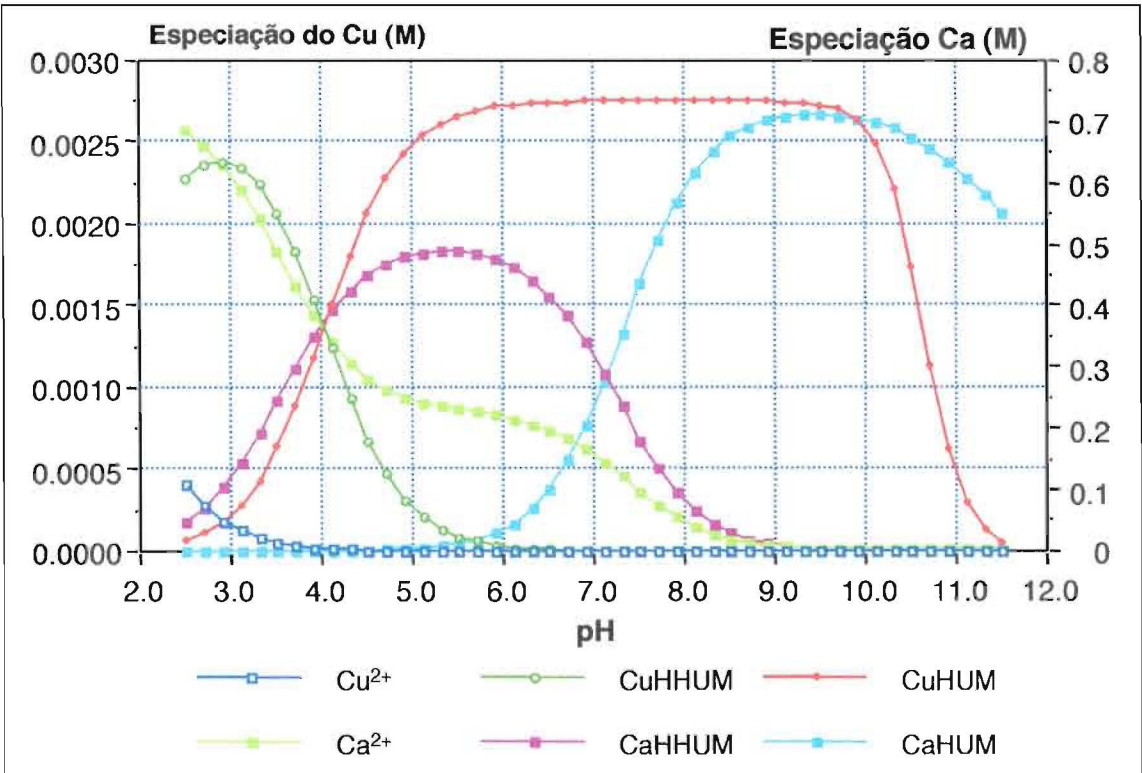


Figura 6.54 - Talhão III. Especiação do Cu e Ca na amostragem 10, camada superficial. (pH = 7.442; DOC = 1.610 M)

Para os valores de pH da amostragem 10 (7.4), para além de um maior número de cargas associadas à dissociação de grupos carboxílicos, os grupos fenólicos têm também uma actividade complexante bastante superior.

Esta maior actividade reflecte-se na actividade e especiação do Cu e Ca, tal como se pode verificar na Figura 6.54. De facto, a actividade do Cu desce drasticamente e apenas 0.0002% se encontra na forma livre. Por sua vez, a espécie CuHHUM, dominante na 1ª amostragem, representa apenas 0.04% do Cu total em solução. Para estas condições de composição da solução do solo, a espécie de Cu dominante é a forma CuHUM, isto é, o Cu complexado com os grupos fenólicos do DOC, constituindo cerca de 99.93% do Cu total.

Por sua vez, enquanto que cerca de 13% do DOC complexa o Ca através dos grupos carboxílicos, apenas 0.00007% forma complexos da mesma natureza com o Cu. No que se refere aos grupos fenólicos, 24% das cargas do DOC complexam o Ca e apenas 0.2% complexam o Cu.

Tendo em conta que: i) o teor em Ca da solução (mg L^{-1}) é muito superior ao do Cu ($\mu\text{g L}^{-1}$); ii) 99.9% do Cu forma complexos com os grupos fenólicos do DOC, embora correspondam a uma neutralização de apenas 0.00007% das cargas totais desse DOC; iii) 53% do Ca forma complexos com os grupos fenólicos do DOC, neutralizando 24% das suas cargas totais; iv) 28.8% do Ca forma complexos com os grupos carboxílicos neutralizando 13% das cargas totais do DOC, considera-se que, para estes valores de pH, existe, provavelmente, uma elevada afinidade entre Cu e grupos funcionais fenólicos, para a formação de complexos Cu-DOC.

RÖMKENS et al., 1997, referem, para o Cu, uma maior afinidade da ligação deste metal para os ligandos de maior peso molecular (EPM), bem como a influência do Ca no teor de Cu ligado a compostos de BPM e EPM.

Considera-se então, que, para as condições de pH encontradas (7.4), é provável a ocorrência de processos de competição entre Cu e Ca, uma vez que, ao contrário da 1ª amostragem, apenas 15% do Ca se encontrava livre (significando uma forte redução da sua actividade), para 81.8% de Ca complexado.

Do mesmo modo, e observando a Figura 6.55, é também provável a ocorrência de competição entre Cu e Al e Fe para a formação de complexos organo-metálicos, uma vez que o Al neutraliza cerca de 2.6% das cargas do DOC atribuíveis a grupos fenólicos e, por sua vez, o Fe, neutraliza 1.6% destas cargas. Estes complexos Al-DOC e Fe-DOC são responsáveis pela complexação de 99.98% e de 99.99% do Al e do Fe totais dissolvidos, respectivamente.

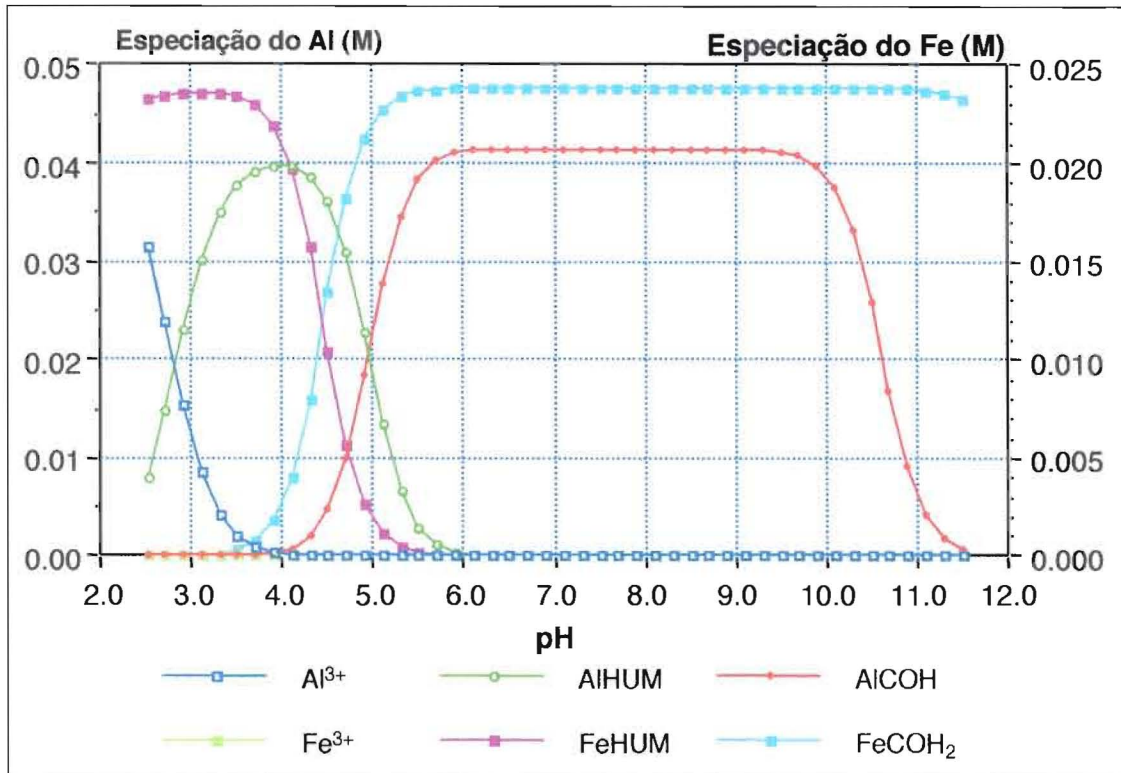


Figura 6.55 - Talhão III. Especiação organo-metálica do Fe e Al na amostragem 10, camada superficial.

Para valores de pH muito ácidos (inferiores a 4) a actividade do Cu aumenta significativamente, atingindo valores superiores aos observados durante a amostragem 1 (para valores de pH semelhantes), facto que permite uma maior reactividade com a fase sólida.

No entanto, nas condições observadas para esta amostragem 10, e considerando os resultados da especiação calculada, verifica-se que a actividade do Cu em solução é muito baixa, e que 99.9% deste metal está complexado em formas dissolvidas, sendo, portanto, susceptível de sofrer processos de transporte e de ser mobilizado em profundidade.

As Figuras 6.56 e 6.57, mostram a especiação do DOC e do Cu e Ca na solução do solo da amostragem 12 (pH = 7.047; DOC = 0.943 M).

Com a diminuição do DOC, verifica-se também, na Figura 6.56, uma diminuição da sua capacidade de complexação, por diminuição da dissociação quer de grupos carboxílicos, quer de grupos fenólicos. No entanto, o total de cargas é ainda significativamente superior ao calculado para a amostragem 1.

Como resultado, e como se pode observar na Figura 6.57, há uma ligeira diminuição dos complexos, Cu-DOC, que, no entanto, atinge valores de 99.87% e, embora a complexação com grupos carboxílicos aumente para 0.1%, predominam, do mesmo modo, os complexos com os grupos fenólicos.

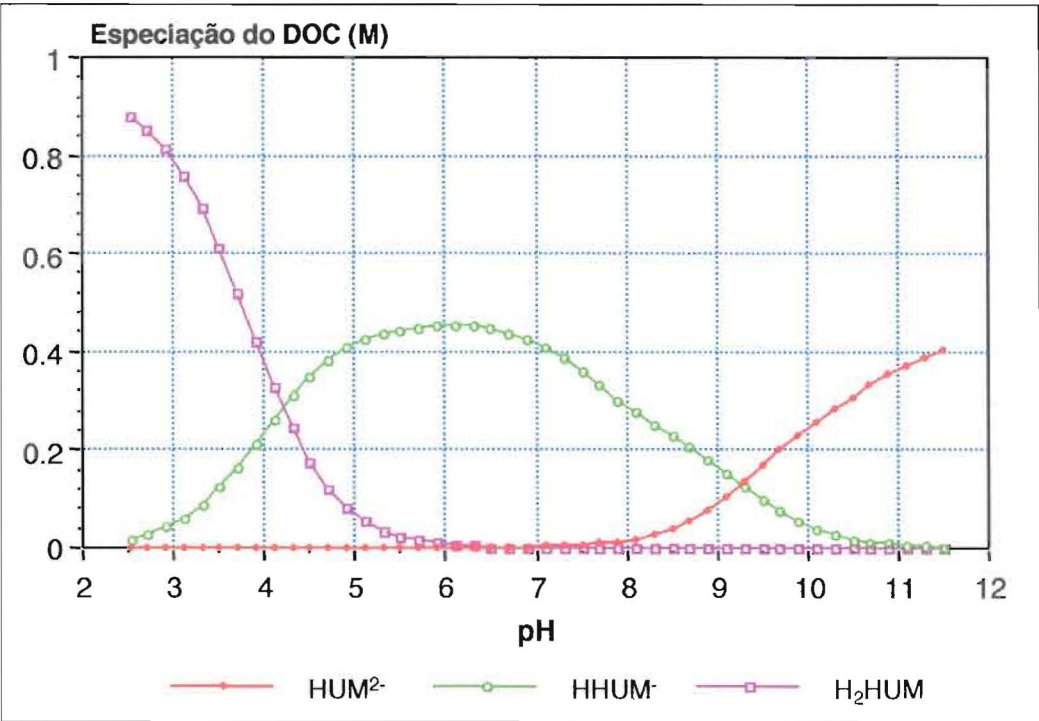


Figura 6.56 - Talhão III. Especiação do DOC na amostragem 12, camada superficial.
(pH = 7.047; DOC = 0.943 M)

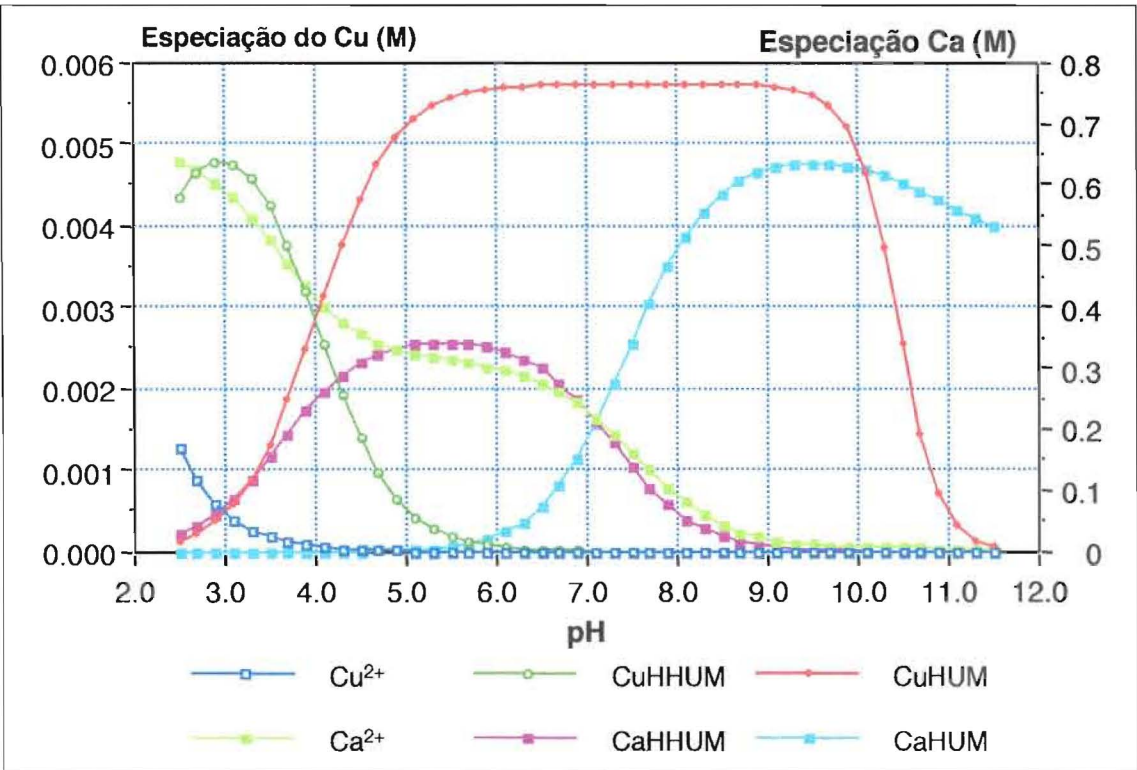


Figura 6.57 - Talhão III. Especiação do Cu e Ca na amostragem 12, camada superficial.
(pH = 7.047; DOC = 0.943 M)

Esta diminuição da complexação do Cu traduz-se numa maior actividade do Cu livre (0.001% na 12ª amostragem para 0.0002% na 10ª) que, no entanto, só se manifesta realmente para valores de pH inferiores a 4.0.

Relativamente ao Ca, a sua actividade aumenta substancialmente e cerca de 35% encontra-se na forma livre. O Ca complexado apresenta valores da ordem de 62% (35% formando complexos com os grupos carboxílicos e 27% com os grupos fenólicos).

É provável que a competição Cu/Ca diminua, uma vez que a formação de complexos Cu-DOC neutraliza uma percentagem das cargas do DOC superior à verificada na 10ª amostragem.

No entanto, apesar das diferenças encontradas, cerca de 99.9% do Cu total dissolvido está complexado com o DOC, sendo, portanto, e à semelhança do observado na 10ª amostragem, susceptível de ser mobilizado em profundidade.

As Figuras 6.58 e 6.59, representam a especiação calculada para o DOC e para o Cu e Ca, na amostragem 16 (pH = 6.483; DOC = 0.3706 M).

A macroquímica da solução do solo observada na amostragem 16 é muito semelhante à observada para a amostragem 9 (amostragem imediatamente anterior à 2ª aplicação de efluente), (pH = 6.203; DOC = 0.3984 M), embora esta não seja aqui apresentada.

O DOC na amostragem 16 é significativamente inferior ao encontrado na amostragem 12, com concentrações da ordem dos 82.4 mg L⁻¹, sendo, no entanto, superior ao da amostragem 1 (56.9 mg L⁻¹). Este facto diminui a sua capacidade de complexação de constituintes dissolvidos. No entanto, o valor de pH mais favorável, permite uma certa actividade quer de grupos carboxílicos, quer de grupos fenólicos.

Nestas condições, cerca de 0.36% do Cu total em solução forma complexos com os grupos carboxílicos, e 99.60% permanecem complexados com grupos fenólicos. A percentagem de Cu livre é de 0.02% o que significa um aumento da actividade deste metal. Por sua vez, aumenta também o Ca livre (70.3%) e 26.6% do Ca total forma complexos organometálicos, predominando, ao contrário do que acontece com o Cu, as espécies complexadas com grupos carboxílicos (21.8%).

No que se refere ao Al e Fe, 99.75% e 99.99%, respectivamente, encontram-se complexados com o DOC em solução.

Assim, quer o Ca, quer o Al e Fe, podem competir com o Cu para a neutralização dos grupos funcionais orgânicos.

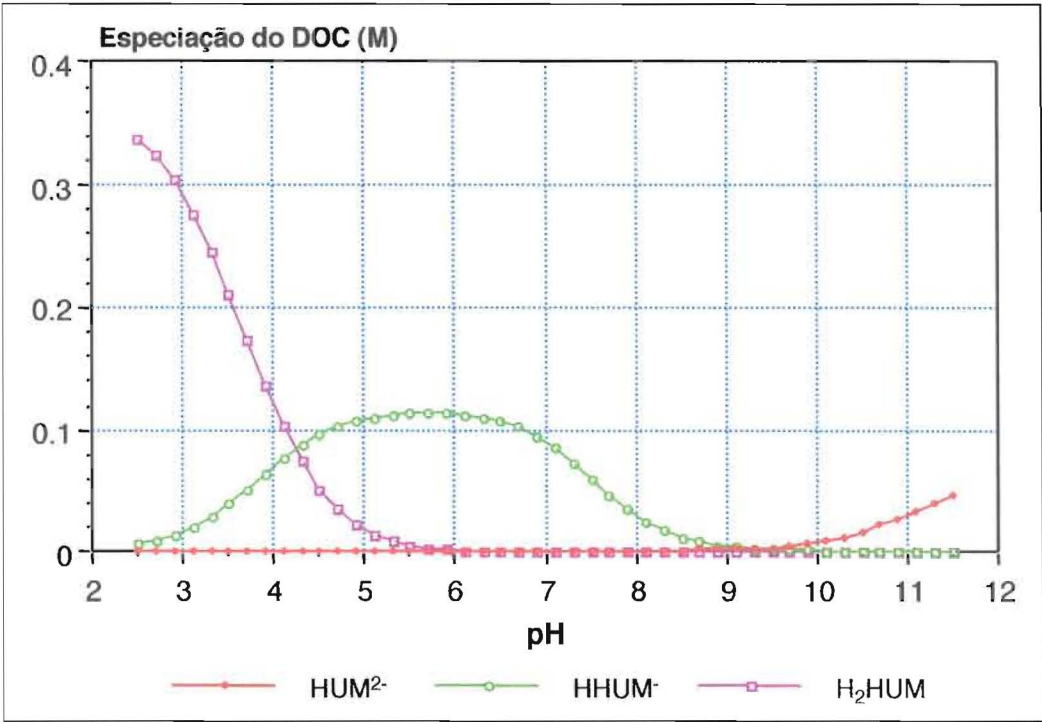


Figura 6.58 - Talhão III. Especiação do DOC na amostragem 16, camada superficial.
(pH = 6.483; DOC = 0.3706 M)

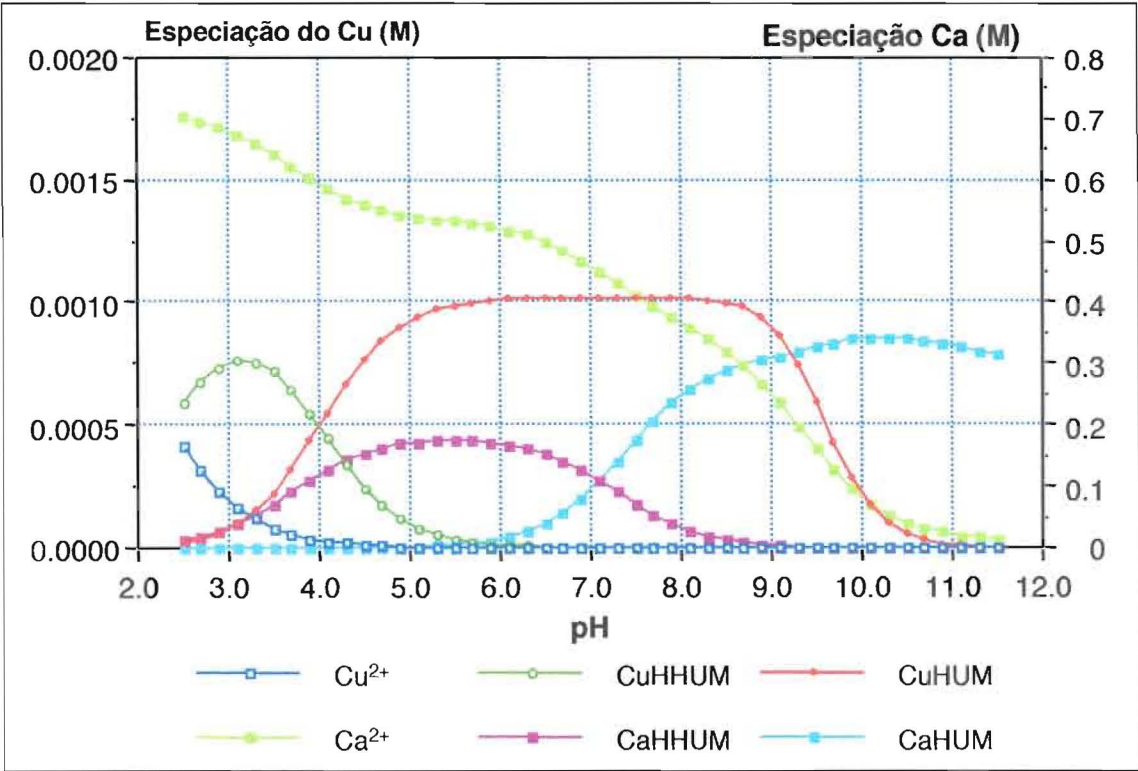


Figura 6.59 - Talhão III. Especiação do Cu e Ca na amostragem 16, camada superficial.
(pH = 6.483; DOC = 0.3706 M)

Nas condições desta amostragem 16, em que se considera que os efeitos directos da aplicação do efluente foram já “absorvidos” pelo solo e onde, portanto, a solução do solo reflecte os efeitos acumulados dessa aplicação, numa situação de equilíbrio natural, verifica-se:

- o aumento da actividade do Cu devido, principalmente, a um aumento do Cu total em solução;
- o predomínio de complexos Cu-DOC em solução (99.6%), limitando assim a reactividade química deste metal;
- que a complexação organo-metálica do Cu só deixa de ter significado para valores de pH muito baixos (inferiores a 3).

Estes factos possibilitam a mobilização e transporte do Cu dissolvido, podendo considerar-se que, ao longo do período experimental, o DOC em conjugação com condições hidrológicas favoráveis, permitiu o “transporte facilitado” do Cu para camadas mais profundas, tal como se observou na Figura 6.33 deste Capítulo.

Este “transporte facilitado” está intimamente ligado à fraca capacidade de retenção de Cu observada neste solo. No entanto, é possível que, para maiores profundidades, nomeadamente a partir de 50 a 60 cm, devido ao aumento da concentração de óxidos e hidróxidos de Fe e Al e à diminuição do DOC em solução, parte do Cu seja mobilizado para a fase sólida, reduzindo, portanto, o seu transporte para profundidades superiores.

Por este motivo, apresentam-se em seguida os resultados obtidos para a especiação do DOC (Figura 6.60), Cu e Ca (Figura 6.61) e Fe e Al (Figura 6.62) na amostragem 16 para a solução do solo obtida à profundidade de 50 a 60 cm, (pH = 4.774; DOC = 0.1306 M).

Nesta solução do solo, e para o valor de pH obtido, a capacidade de dissociação dos grupos funcionais do DOC é baixa, predominando as cargas atribuíveis aos grupos carboxílicos.

Nestas condições, aumenta a actividade do Cu, e 1.1% do Cu total em solução permanece na forma livre, sendo, portanto, susceptível de processos de retenção. No entanto, 98.9% do Cu forma complexos DOC-Cu (15.2% com grupos carboxílicos, e 83.7% com grupos fenólicos).

KUITERS et al., 1997 referem que, com a diminuição do pH, a concentração de DOC diminui, devido, por um lado, a uma maior retenção pela matriz do solo e, por outro, a capacidade de ligação de metais é fortemente reduzida pela protonação dos grupos funcionais.

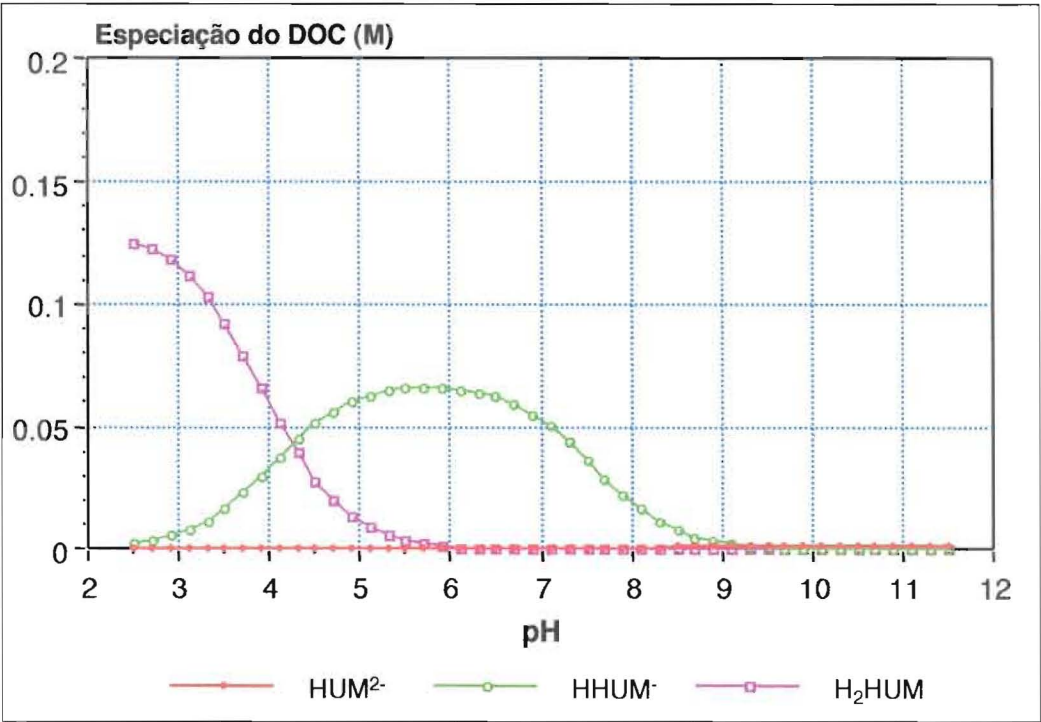


Figura 6.60 - Talhão III. Especiação do DOC na amostragem 16, camada 50 a 60 cm.
(pH = 4.774; DOC = 0.1306 M)

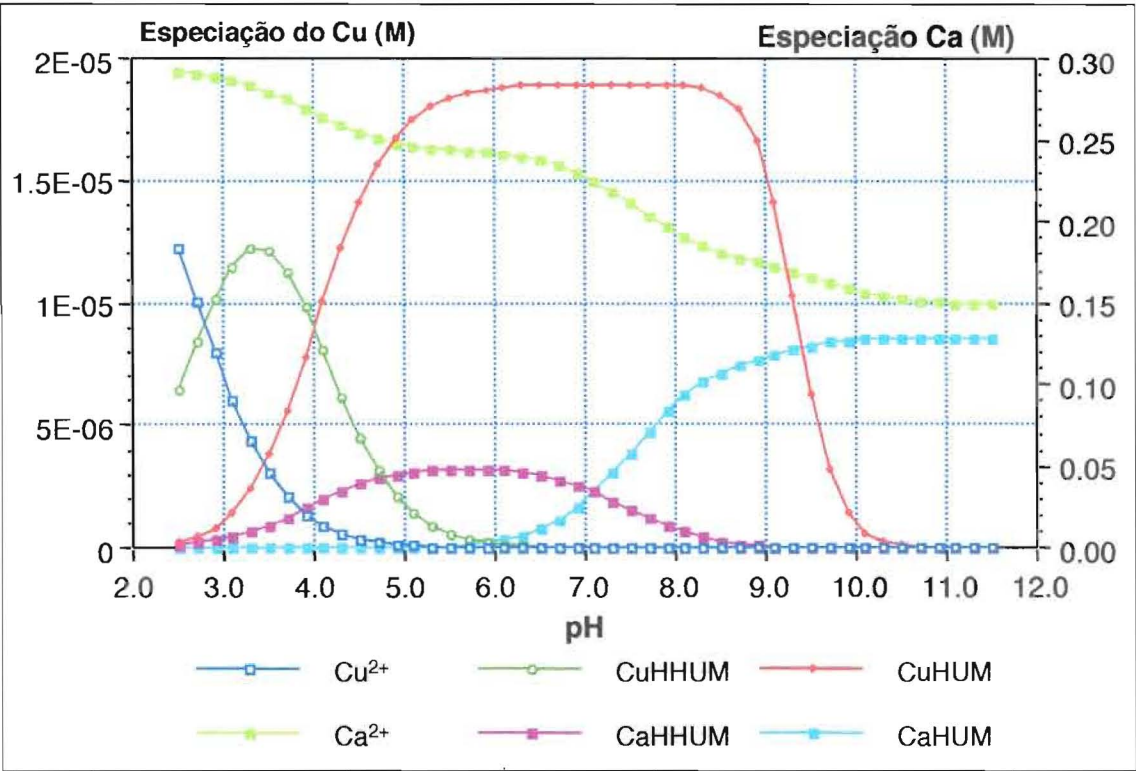


Figura 6.61 - Talhão III. Especiação do Cu e Ca na amostragem 16, camada 50 a 60 cm.
(pH = 4.774; DOC = 0.1306 M)

De acordo com TEMMINGHOFF et al., 1997; TIPPING, 1981, e PARFITT et al., 1977, a adsorção do DOC aumenta com a diminuição do pH, uma vez que, para valores baixos de pH, os óxidos e hidróxidos de Fe e Al aquirem uma carga mais positiva, que favorece a adsorção do DOC negativamente carregado.

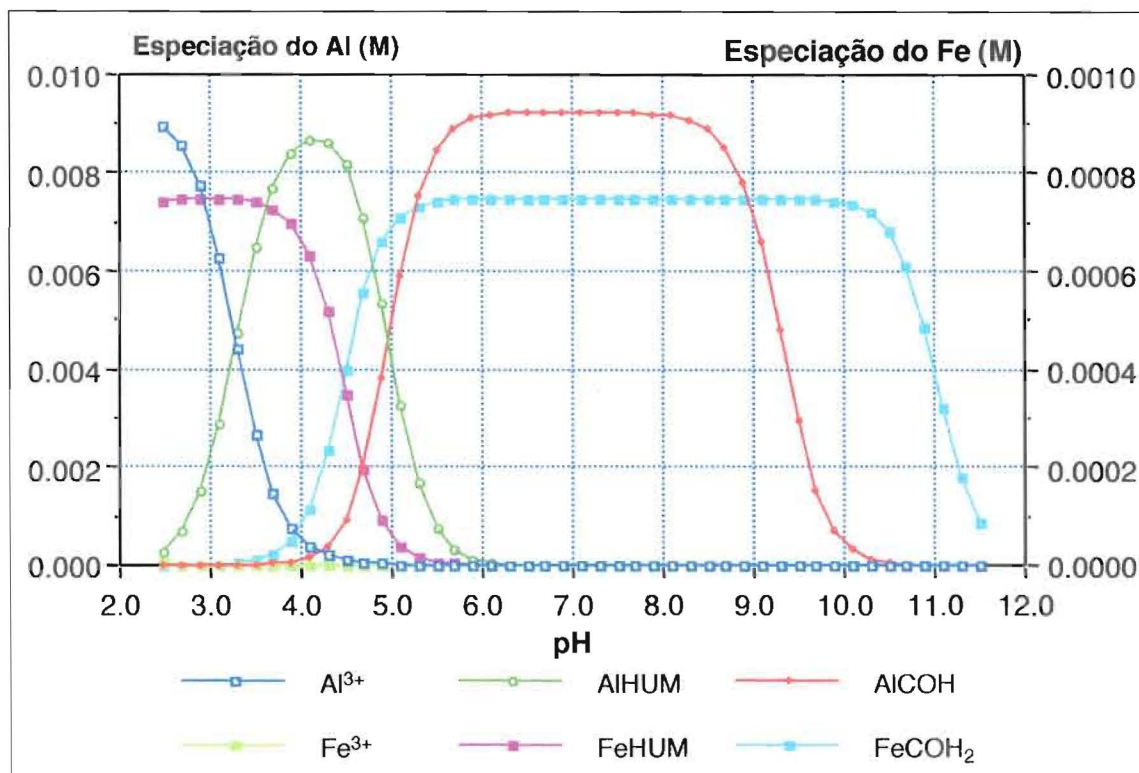


Figura 6.62 - Talhão III. Especiação organo-metálica do Fe e Al na amostragem 16, camada 50 a 60 cm.

Relativamente ao Ca, predomina a forma livre, 85.2%, e apenas 14.8% formam complexos com o DOC.

No entanto, 98.7% do Al e 99.9% do Fe, totais dissolvidos, formam complexos organo-metálicos.

Assim, é provável que, nestas condições, haja uma maior competição entre Cu e Fe e Al, reduzindo-se a influência do Ca.

No entanto, apesar de se verificar um aumento da actividade do Cu, 98.9% permanecem como complexos em solução, continuando a existir potencial mobilidade deste metal, embora para concentrações significativamente mais baixas ($19 \mu\text{moles m}^{-3}$).

Mesmo considerando que o transporte de Cu não constitui, actualmente, um risco ambiental, devido às suas baixas concentrações, observa-se, no entanto, que ocorre "transporte facilitado" deste metal, verificando-se que, num período experimental de cerca

de 17 meses (511 dias) e duas aplicações de efluente, ocorreu, em geral, um aumento da concentração de Cu em solução, quer à superfície, quer em profundidade.

Isto significa que as consequências daquele transporte dependem das concentrações em solução e, portanto, estão directamente dependentes de adições externas e sistemas de uso a que este solo estiver sujeito.

6.3.1.4 Actividade do Cobre em Solução

A Figura 6.63 representa a variação da actividade do Cu, em função do pH da solução, para o conjunto das 16 amostragens, nos Talhões I, II e III.

Os valores mais altos verificados dizem respeito à amostragem 1, em que foram atingidos, em todos os talhões, os valores de pH mais baixos. Assim, estes pontos, obtidos antes da aplicação do efluente, não caracterizam o comportamento do sistema solo/efluente.

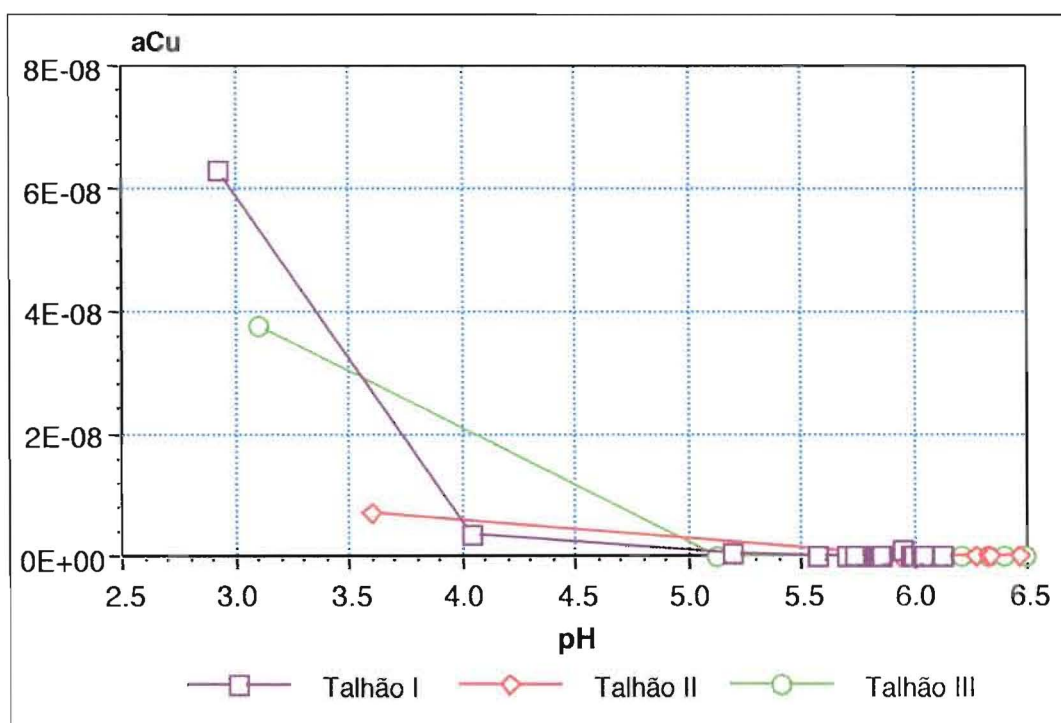


Figura 6.63 - Variação da actividade do Cu em função do pH, ao longo do período experimental.

No que se refere aos restantes pontos, verifica-se uma maior actividade do Cu no Talhão III, seguido do Talhão II e, finalmente do Talhão I. Esta sequência está directamente relacionada com os aumentos verificados no Cu total dissolvido, por efeito do efluente aplicado, observando-se que, apesar da maior concentração de DOC verificada, esta não é suficiente para impedir o aumento da actividade do Cu.

Numa tentativa de explicar o comportamento e especiação do Cu anteriormente apresentados foram realizadas regressões *stepwise* e múltiplas, procurando-se estabelecer regressões com parâmetros caracterizadores da solução do solo, de fácil determinação.

Como resultado desta análise foram obtidas, para o conjunto dos três talhões, as equações [11] a [13].

$$aCu = a_1 - b_1aCa - c_1CuHUUM - d_1CuHUM + e_1Al - f_1Fe \quad R^2 = 0.999 \quad [11]$$

$$aCu = a_2 - b_2aCa - c_2CuHUUM - d_2CuHUM + e_2pH \quad R^2 = 0.998 \quad [12]$$

$$aCu = a_3 + b_3Cu - c_3CuHUUM - d_3CuHUM + e_3pH \quad R^2 = 0.998 \quad [13]$$

As três equações explicam com um rigor considerável a actividade do Cu (aCu) calculada para a camada 0 a 5 cm de todos os Talhões. Assim, quer a actividade do Ca (aCa), quer o teor total em Cu ou Fe e Al dissolvidos, bem como o pH, são parâmetros importantes na explicação do comportamento do Cu.

DEL CASTILLO et al., 1997, e KUITERS et al., 1997, referem, em concordância com o anteriormente mencionado, que a concentração de Cu em solução é determinada pela sua complexação organo-metálica que, por sua vez, é afectada pela actividade do Ca (aCa) e pelo pH. KERVEN et al., 1984, observaram resultados semelhantes.

Esta dependência, influencia a dissociação dos grupos carboxílicos (BPM) e fenólicos (EPM), afectando a natureza e estabilidade dos complexos Cu-DOC, uma vez que, os complexos Cu-EPM apresentam uma estabilidade em solução, significativamente superior à manifestada pelos complexos Cu-BPM. KUITER et al., 1997, chegaram a conclusões da mesma natureza.

Por sua vez RÔMKENS et al., 1997, referem que, entre os factores que afectam a solubilidade dos metais e a sua especiação estão, principalmente, o pH, a MO, o DOC e a composição da solução do solo. De acordo com estes autores, e em concordância com os resultados observados ao longo deste trabalho, a solubilidade do DOC é o principal parâmetro que controla a concentração de Cu na solução do solo.

Por sua vez, as fracções CuHHUM e CuHUM são explicadas pelas equações [14] e [15], respectivamente, em que os parâmetros envolvidos são os mesmos, embora afectados por sinais diferentes.

$$CuHHUM = a_4 - b_4pH + c_4CO_3^{2-} + d_4DOC - e_4I - f_4Fe - g_4Ca \quad R^2 = 0.886 \quad [14]$$

$$CuHUM = a_5 + b_5pH - c_5CO_3^{2-} - d_5DOC + e_5I + f_5Fe + g_5Ca \quad R^2 = 0.886 \quad [15]$$

6.3.1.5 Avaliação Qualitativa de Potenciais Impactes Ambientais

As espécies de Cu predominantes na solução do solo são os complexos organo-metálicos, CuHHUM e particularmente o CuHUM, que constituem mais de 96% do Cu total dissolvido.

A diminuição do pH do solo traduz-se num aumento da actividade do Cu, bem como num aumento do Cu complexado com os grupos carboxílicos desprotonados. TEMMINGHOFF et al., estudando a especiação do Cu em solução, em solos arenosos, chegaram a resultados semelhantes.

O Ca, bem como o Fe e Al, são elementos que, dependendo do pH do meio, competem, provavelmente, com o Cu para a neutralização dos grupos dissociados do DOC.

Por sua vez, a aplicação de efluente traduz-se num aumento da actividade do Cu, mas continuam a predominar as espécies complexadas com o DOC. Estes complexos estabilizam o Cu dissolvido, possibilitando o seu potencial transporte para o solo subsuperficial. MOOLENAAR et al., 1998 e HÄNI et al., 1996, observaram também um aumento da mobilidade de MP devido à complexação de espécies metálicas por ligandos orgânicos em solução. De acordo com BENEDETTI et al., 1996, STEVENSON, 1994 e MCCARTHY e ZACHARA, 1989, em solos ácidos, arenosos, a matéria orgânica dissolvida pode ter uma importância muito significativa na ligação de MP, tais como o Cu, potenciando a sua mobilidade e biodisponibilidade.

A baixa capacidade de retenção/adsorção pelos constituintes da fase sólida está também relacionada com este transporte, uma vez que este se pode verificar mesmo para concentrações baixas de DOC em solução. Isto significa que, neste solo, embora o DOC tenha uma capacidade de complexação relativamente fraca, consegue competir com a fase sólida para a mobilização do Cu. RÖMKENS et al., 1997, chegaram a conclusões idênticas, referindo que uma parte significativa do Cu apresenta uma elevada mobilidade potencial, sendo susceptível de “transporte-facilitado” pelo DOC.

De acordo com KUITERS et al., 1997, a fracção do DOC que permanece em solução tem um efeito mobilizador de MP devido a: i) complexação, mais pronunciada com o aumento do pH da solução; ii) mecanismos de dessorção; e iii) processos de redução (Mn).

CAREY et al., 1996, embora considerem que os movimentos de MP ao longo do perfil do solo sejam mínimos, referem, no entanto, que, em solos ácidos, com baixa capacidade de retenção, existe um risco potencial para a contaminação das águas subterrâneas.

Assim, embora, neste caso de estudo as concentrações de Cu susceptíveis de transporte fossem muito baixas, ao nível dos ppb, verificaram-se, no final do período experimental aumentos no teor deste metal, por efeito das duas aplicações de efluente, relativamente à situação inicial e ao Talhão I (controlo). Isto significa, provavelmente, que sucessivas

adições externas deste metal ao solo, podem aumentar a quantidade de Cu potencialmente mobilizável, podendo, eventualmente, vir a atingir níveis ambientalmente preocupantes.

Considera-se, no entanto, que o comportamento dos constituintes da fase sólida de camadas mais profundas deste solo, poderão, em certa medida, desempenhar um papel importante na limitação desse transporte para as águas subterrâneas, por aumento da imobilização do Cu transportado.

6.3.2 Modelação do Comportamento do Cobre a Longo-Prazo, no Sistema Solo/Efluente.

Para a modelação do comportamento do cobre a longo-prazo foram utilizados os modelos anteriormente referidos no Capítulo 5. As condições experimentais correspondentes a dois anos, 1993 e 1994, e os dados de base, nomeadamente precipitação, temperatura e regas, bem como as aplicações de efluente, foram sucessivamente recalculadas, de modo a simular as condições de equilíbrio químico durante um período de 50 anos. Assim, o período aqui simulado, como correspondente a uma situação de longo-prazo, foi de 50 anos.

6.3.2.1 Validação do Modelo para o Caso de Estudo Considerado

A validação do modelo foi efectuada com base na comparação entre os resultados observados durante o período experimental e os resultados calculados pelo modelo para o mesmo período de tempo. Este período experimental, respeitante às 16 amostragens, decorreu entre 17 de Julho de 1993 (dia 0) e 5 de Dezembro de 1994 (dia 511), que corresponde aos dias 190 a 710, respectivamente, do referido modelo.

No que se refere ao perfil do solo simulado, o modelo considerou no ficheiro de entrada as características correspondentes a 10 camadas de 10 cm de profundidade, isto é, um perfil de 100 cm. No entanto, de modo a facilitar a interpretação da informação final e sem prejuízo da sua qualidade, o ficheiro de saída foi programado de modo a fornecer informação relativa apenas a três camadas: 0-10 cm (**s**); 10 - 50 cm (**m**) e 50 - 100 cm (**f**).

Os parâmetros utilizados para esta validação foram: **1)** concentração de Cu na solução do solo (Cu-s; Cu-m e Cu-f); **2)** concentração de DOC na solução do solo (DOC-s; DOC-m e DOC-f) e **3)** pH da solução do solo (pH-s; pH-m e pH-f).

Os resultados da comparação entre valores observados e valores simulados estão apresentados nas Figuras 6.64, 6.65 e 6.66, correspondentes, respectivamente ao Cu, DOC e pH.

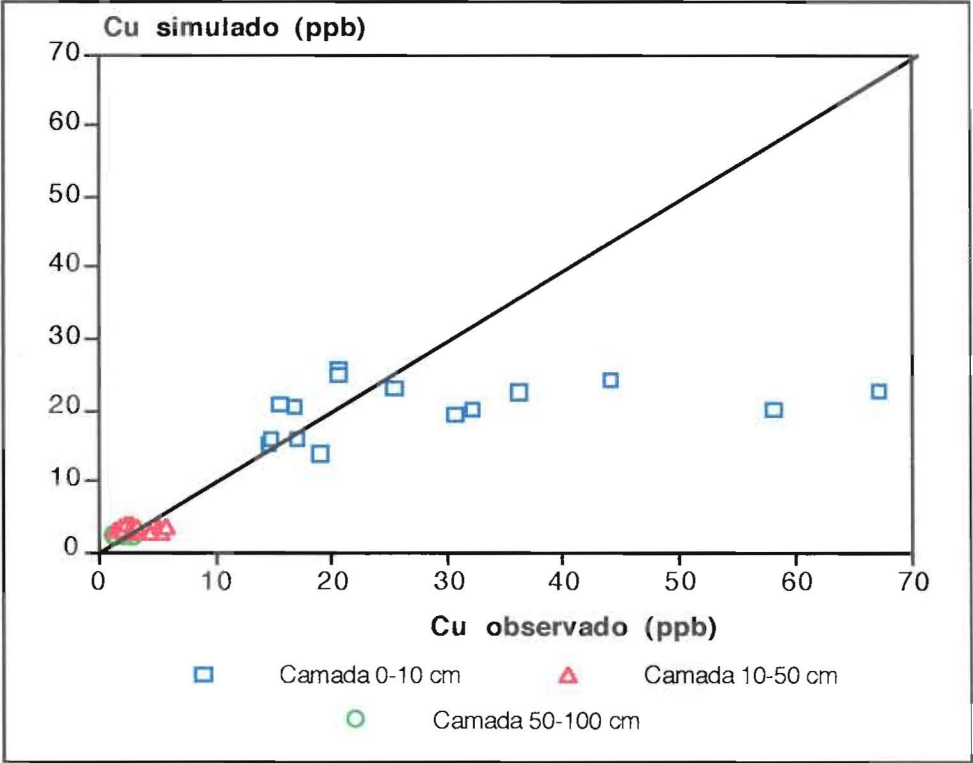


Figura 6.64 - Concentração de Cu observada na solução do solo vs. concentração calculada. A linha sólida corresponde a uma linha 1:1.

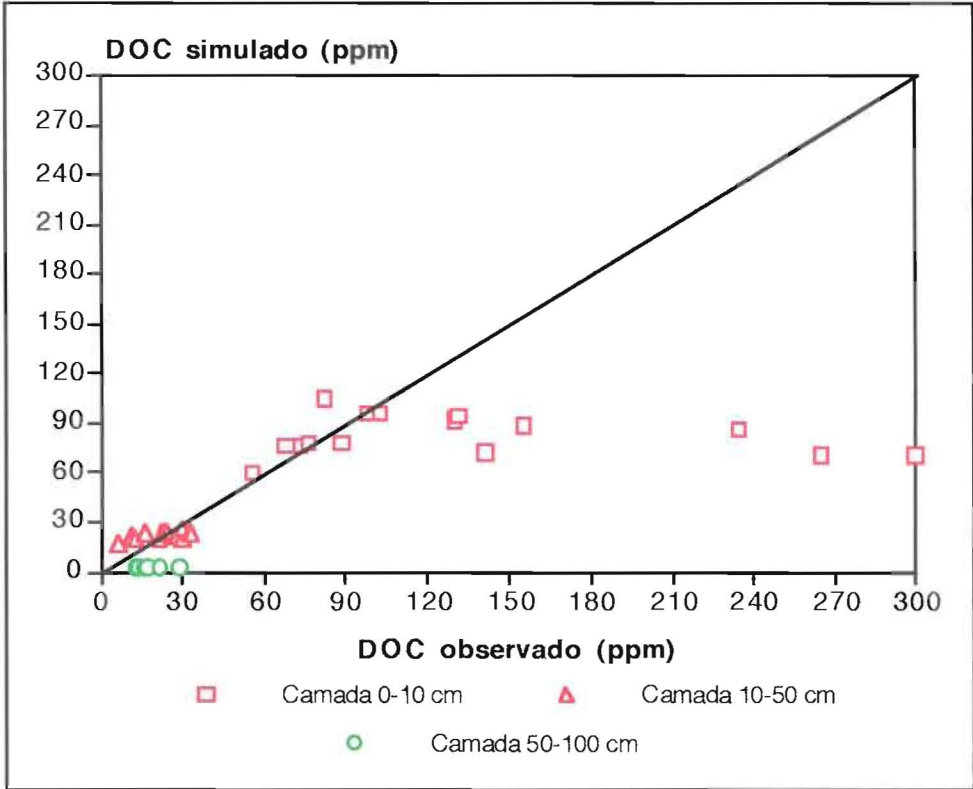


Figura 6.65 - Concentração de DOC observada na solução do solo vs. concentração calculada. A linha sólida corresponde a uma linha 1:1.

No que se refere à Figura 6.64, verifica-se que nos 10 cm superficiais, a partir de 20 a 30 $\mu\text{g L}^{-1}$ de Cu o modelo, parece subestimar a concentração de Cu presente na solução do solo.

O mesmo acontece na Figura 6.65, relativamente ao DOC, constatando-se que, na camada superficial, a partir de cerca de 100 a 120 mg C L^{-1} , a concentração de DOC na solução do solo é também sub-estimada.

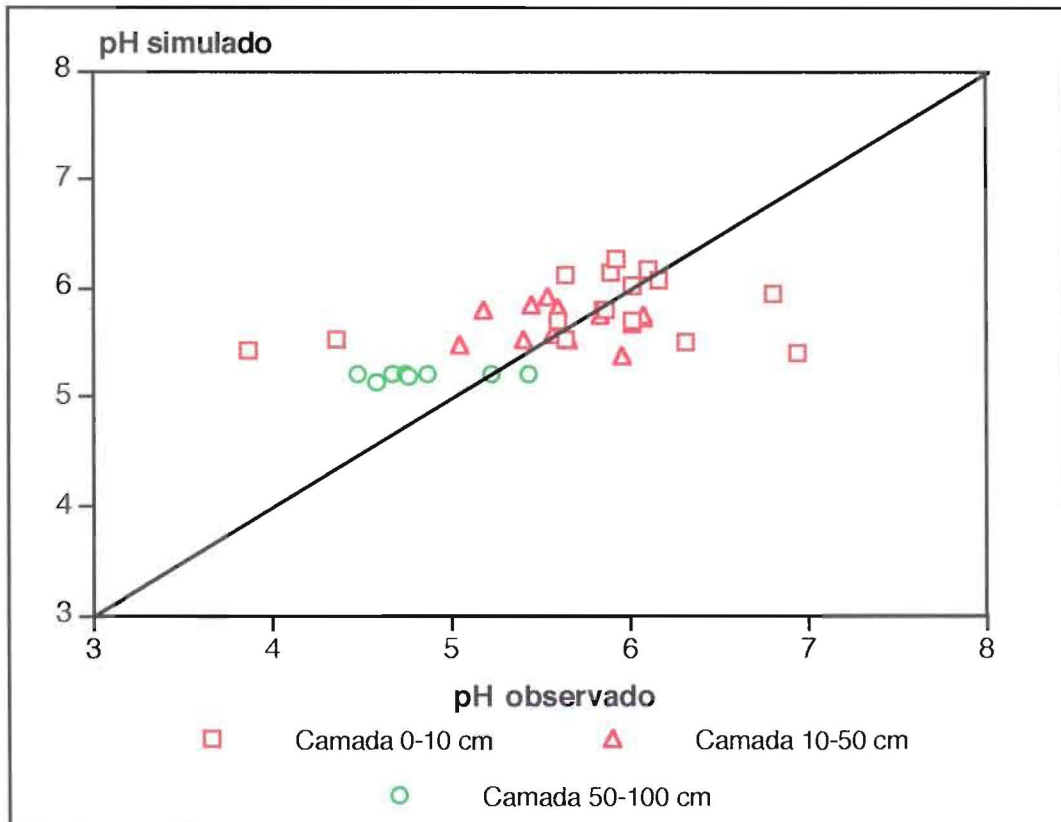


Figura 6.66 - pH observado na solução do solo vs. pH calculado. A linha sólida corresponde a uma linha 1:1.

Considera-se que o comportamento do modelo para a camada superficial, pode ser consequência de vários factores, nomeadamente:

1. Ajustamento deficiente do modelo à descrição de uma camada em que efeitos e interações químicas, físicas e biológicas são superiores aos verificados nas camadas subjacentes.
2. O ajustamento mais fraco entre valores observados e valores calculados verifica-se sobretudo na época de verão (ver Figuras 6.67 e 6.68). Como se sabe, em climas do tipo mediterrânico, como é o caso, esta é uma época seca, onde a evaporação potencial pode ser elevada, mas a evaporação real é inferior, por défice hídrico, favorecendo a acumulação de elementos em detrimento do seu transporte. Tendo o modelo sido

ajustado a partir de modelos programados para as condições climáticas de países do Norte da Europa, pode acontecer que o perfil hidrogeológico, calculado através do modelo HYDRO, calcule um transporte superior ao que de facto ocorre nesta época do ano. Este facto pode ter como efeito uma redução nas concentrações observadas, quer de Cu, quer de DOC, ou de qualquer outro elemento.

3. O DOC incorporado através do efluente aplicado contém constituintes orgânicos que não podem ser considerados como substâncias húmicas, isto é, como o DOC gerado pelo solo. Grande parte do DOC introduzido é rapidamente degradado pela actividade microbiológica do solo, contribuindo mesmo para a síntese de novas substâncias húmicas e, portanto, para o aumento quer da matéria orgânica do solo (MO), quer do próprio DOC. No entanto, parte dos constituintes orgânicos introduzidos com o efluente podem encontrar-se ligados ao Cu, reduzindo a actividade deste metal em solução e, consequentemente, a sua retenção pela fase sólida do solo.

Assim, e pelas mesmas razões, verifica-se que na Figura 6.66, relativamente ao pH, alguns valores da camada superficial são subestimados, embora numa extensão bastante inferior aos anteriores (ver Figura 6.69), observando-se que a degradação do DOC incorporado promove uma rápida e significativa libertação de CO_2 para a atmosfera, que se traduz numa subida do pH.

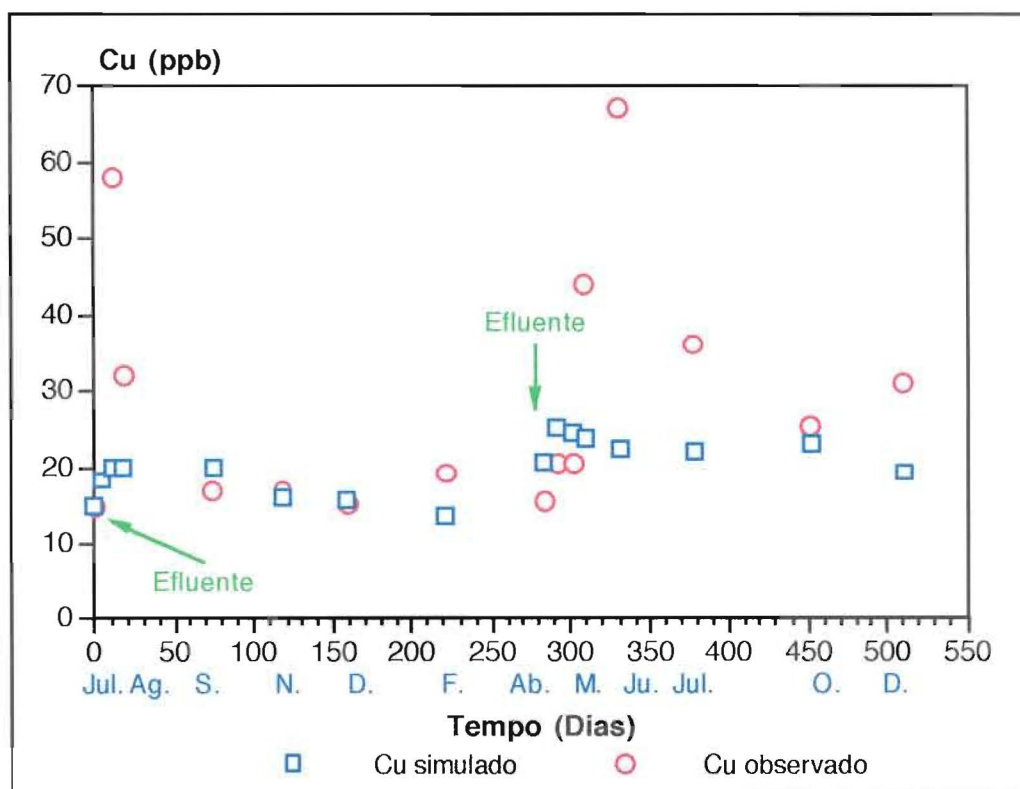


Figura 6.67 - Concentração de Cu observada na solução do solo vs. concentração calculada ao longo do período experimental na camada superficial.

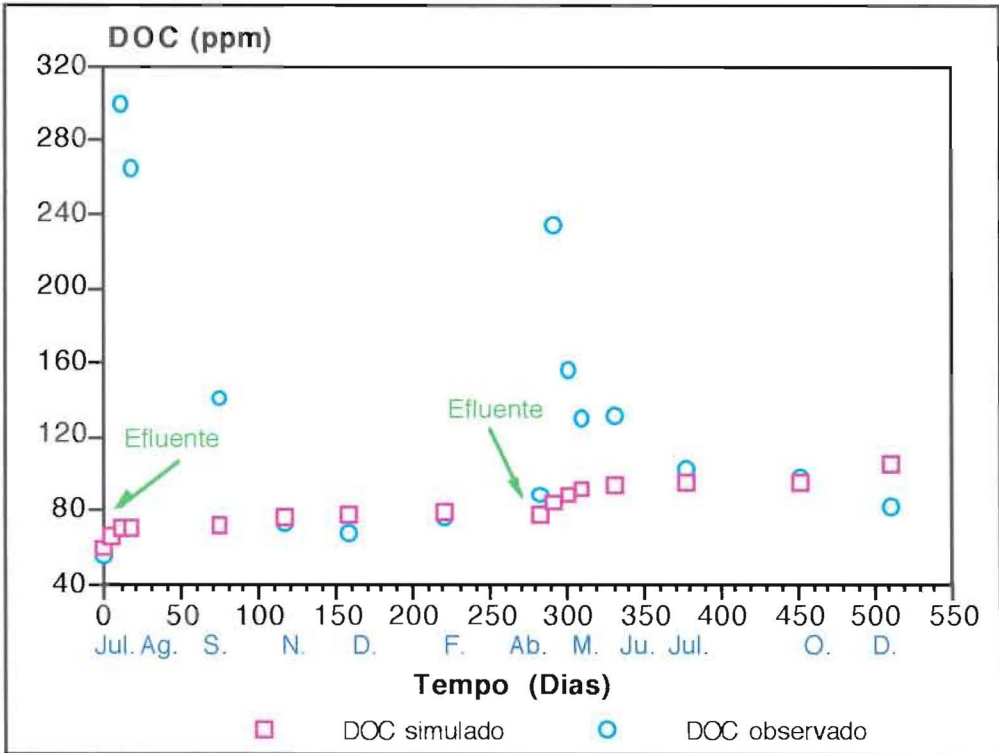


Figura 6.68 - Concentração de DOC observada na solução do solo vs. concentração calculada ao longo do período experimental, na camada superficial.

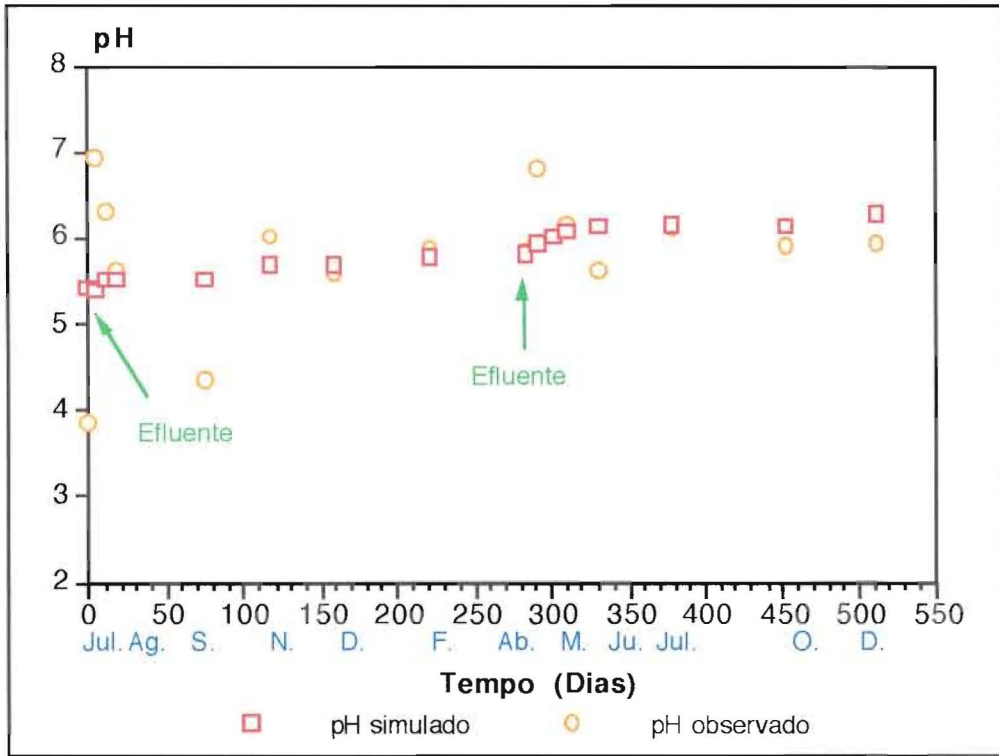


Figura 6.69 - pH observado na solução do solo vs. pH calculado ao longo do período experimental, na camada superficial.

A modelação geoquímica relativa à mobilização/retenção de elementos através do solo em condições de clima mediterrânico é uma tarefa extremamente complicada e de difícil programação, dada a grande variabilidade de factores externos de grande importância, tais como a distribuição e quantidade de precipitação e a temperatura.

No entanto, e apesar do ajustamento entre valores observados e valores calculados não ser o ideal, verifica-se, através de análise estatística (Quadro 6.12), que os resultados previstos pelo modelo são aceitáveis, com uma probabilidade superior a 99.9%.

Quadro 6.12 - Ajustamento entre valores observados e valores calculados

R² Ajustado*	Cu calculado	DOC calculado	pH calculado
Cu observado	0.663		
DOC observado		0.496	
pH observado			0.363

* todos os coeficientes de correlação são significativos ao nível de 0.1%

6.3.2.2 Simulação do Comportamento a Longo-Prazo (50 anos)

Como anteriormente referido, através de corridas sucessivas do modelo foram simulados 50 anos. Neste período, o cenário utilizado foi o adoptado durante o período experimental, isto é, uma aplicação anual de efluente de suinicultura ao solo, à taxa utilizada no Talhão III (26L m²) e com a mesma constituição, referida no Anexo A4.

6.3.2.2.1 Simulação do Comportamento Durante o Período Experimental

Antes da apresentação dos resultados obtidos com a simulação efectuada com o modelo para o período de 50 anos, nas Figura 6.70 e 6.71 mostram-se aqueles resultados para o período de tempo correspondente à duração dos ensaios de campo, isto é, 511 dias.

Com esta simulação, e com base nos resultados obtidos no ponto 6.3.1 deste Capítulo, é possível estimar, qualitativa e quantitativamente, o transporte de Cu susceptível de ter ocorrido durante o período experimental.

As Figuras 6.70 e 6.71 mostram, respectivamente, o transporte acumulado de Cu para fora do perfil considerado (100 cm), e a contribuição de cada camada para o transporte calculado.

Como se pode observar a maior parte do Cu é mobilizado da camada superficial, sendo muito inferiores as contribuições das camadas subjacentes, verificando-se que, após 511 dias de período experimental, o transporte de acumulado foi cerca de 3 mg L⁻¹ m².

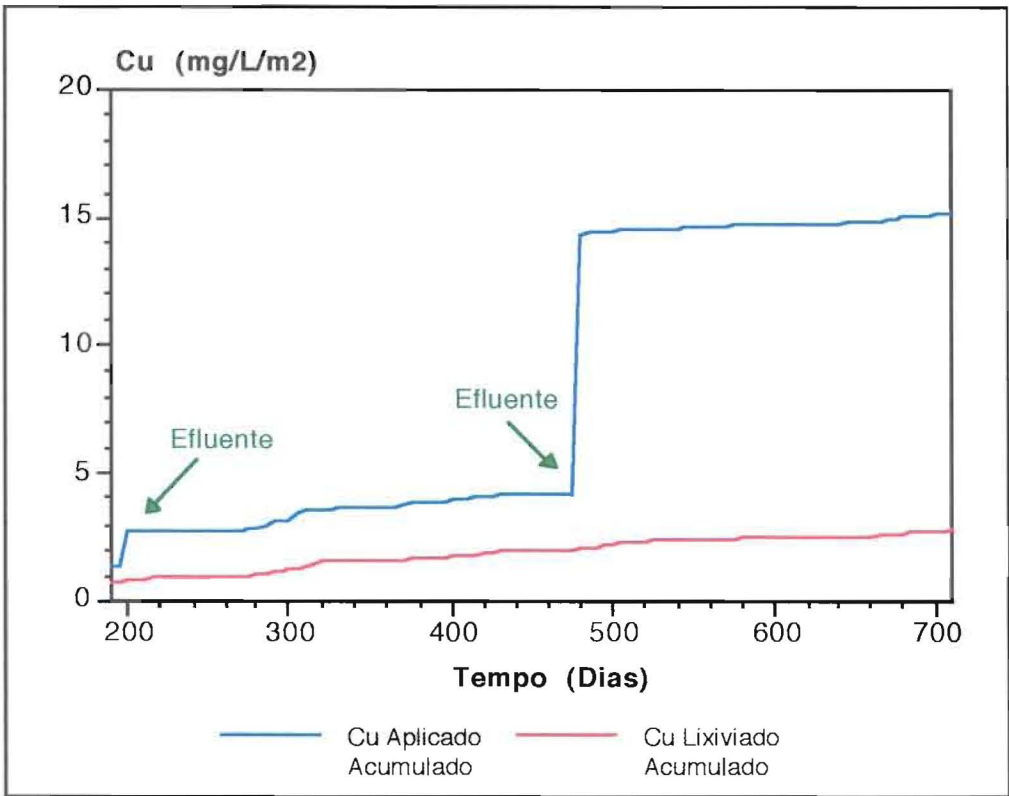


Figura 6.70 - Simulação do transporte acumulado de Cu ao longo do período experimental.

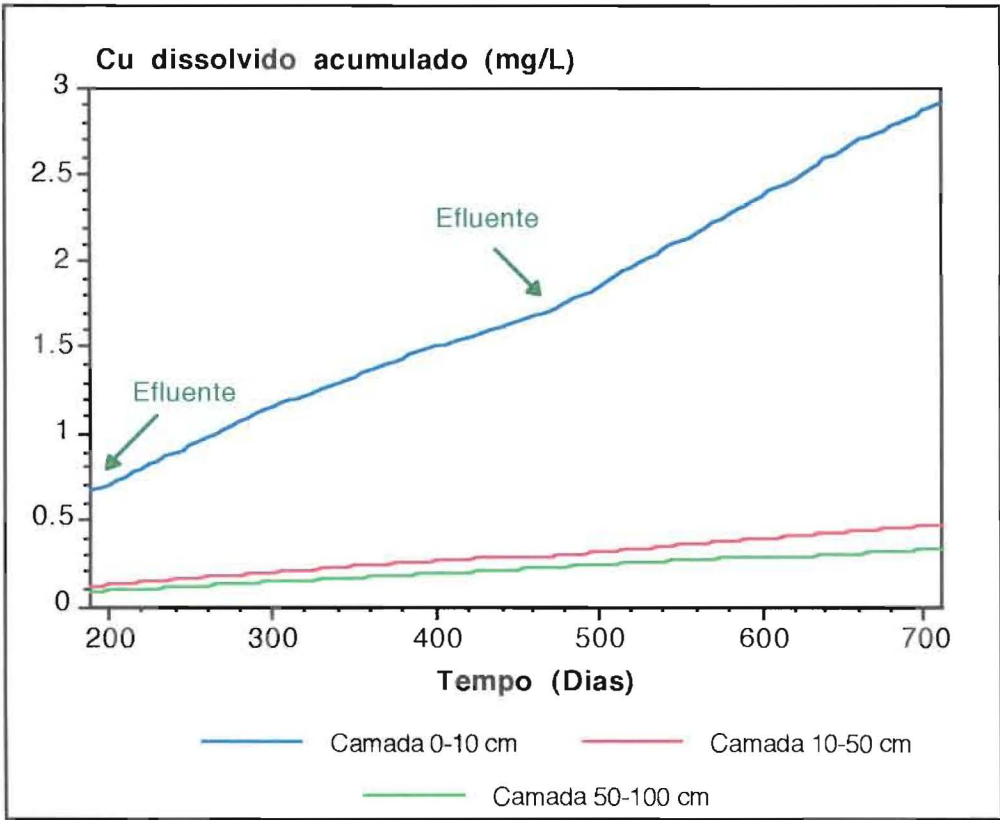


Figura 6.71 - Contribuição das três camadas do perfil, para o transporte de Cu.

Pode ainda observar-se que a quantidade de Cu incorporada através da segunda aplicação de efluente, é significativamente superior à da primeira. De acordo com o Anexo A4, esta diferença resulta não apenas do Cu presente no efluente bruto, como também do Cu presente na fase líquida. A maior quantidade de Cu introduzida com a 2ª aplicação repercute-se no Cu dissolvido, como se verifica pela Figura 6.65, através do aumento do declive na camada superficial a partir do dia 490.

Estatisticamente, recorrendo a regressões múltiplas, este transporte é explicado em 99.2%, R^2 de 0.992, pelos parâmetros pH, DOC e concentração de Cu na solução do solo, para as três camadas consideradas (s, m e f). No entanto, aquele valor aumenta para 99.5% se, em vez da concentração de Cu em solução, for utilizada a sua actividade.

Na camada superficial, a concentração de Cu em solução é explicada em 94.9% pelo DOC. Adicionalmente, o DOC e o pH explicam 95.4% da variação encontrada, o que vem realçar a importância do DOC na explicação do comportamento do Cu no solo, colocando este parâmetro como variável de estado deste sistema. Esta dependência entre a actividade do Cu e a concentração de DOC em solução foi já anteriormente comprovada através da interpretação dos dados experimentais.

6.3.2.2.2 Simulação do Comportamento a Longo Prazo

A Figura 6.72 mostra a relação entre as aplicações acumuladas de Cu no sistema (solo/efluente), onde é bem visível a 2ª aplicação, e lixiviação acumulada de Cu no mesmo sistema (perfil de 100 cm, sendo considerada uma superfície de 1 m²).

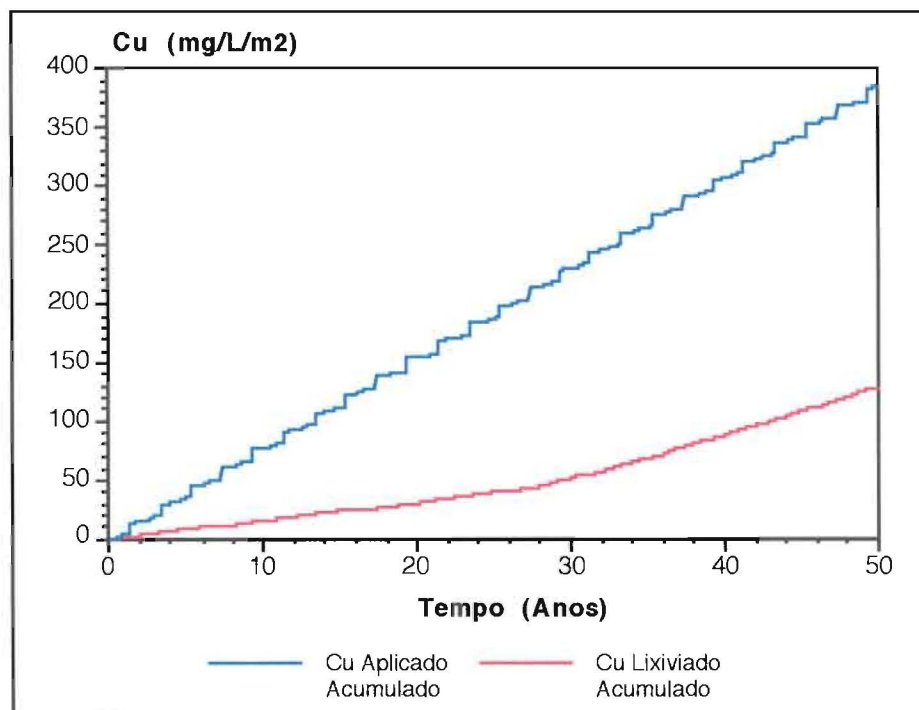


Figura 6.72 - Simulação do transporte acumulado de Cu ao longo de 50 anos.

Nesta Figura é evidente que a quantidade de Cu incorporada é significativamente superior à lixiviação deste metal para fora do perfil considerado. No entanto, verifica-se que após cerca de 30 anos de aplicações sucessivas de efluente, o declive da linha que traduz o transporte acumulado de Cu sofre um aumento considerável, o que poderá significar que, ao fim deste período de tempo, existem no solo condições que propiciam um aumento da mobilização do Cu ao longo do perfil.

Considerando períodos de 10 anos, apresenta-se a lixiviação média anual no Quadro 6.13. De acordo com estas estimativas, verifica-se que ao fim de 50 anos, a lixiviação média anual de Cu duplica relativamente ao valor obtido para um período de 30 anos.

Quadro 6.13 - Lixiviação média anual de Cu, por cada 10 anos de simulação

ANOS	Cu Lixiviado* (mg m ⁻² ano ⁻¹)
0 - 10 anos	1.55
10 - 20 anos	1.49
20 - 30 anos	2.00
30 - 40 anos	3.70
40 - 50 anos	4.07

* valores médios

Em termos quantitativos, e considerando possíveis impactes ambientais, nomeadamente relativos à transferência de Cu para as águas subterrâneas, observa-se que no final do período de 50 anos considerado, o transporte anual de 4 mg m⁻² (40 g ha⁻¹) não constitui um impacte ambiental preocupante.

Por outro lado, dos valores apresentados no Quadro 6.13, constata-se que a lixiviação média anual de Cu aumenta em cada período de 10 anos, não se verificando, portanto, uma estabilização das condições de mobilização/retenção de Cu no sistema. Nesta circunstância haveria todo o interesse em prolongar os cálculos do modelo por um período de tempo mais longo.

Na Figura 6.73, mostra-se o Cu dissolvido acumulado para as três camadas consideradas (s, m e f), sendo evidente que a camada superficial (0-10 cm) é a que reflecte com maior intensidade os efeitos da aplicação de efluente, como se observa pela concentração mais elevada de Cu solúvel. Este Cu solúvel, estando complexado com o DOC em solução (ver ponto 6.3.1 deste Capítulo), deverá proporcionar o “transporte facilitado” do metal para camadas subjacentes.

Considerações semelhantes foram também estabelecidas com base nos resultados obtidos nos Talhões experimentais.

Contudo, estas camadas subjacentes são “fracas” mobilizadoras de Cu, o que significa que, provavelmente, entre a camada superficial e os 100 cm de profundidade, as condições de equilíbrio se alteram no sentido da imobilização do Cu em solução.

Por sua vez, as condições hidrogeológicas do perfil são fundamentais para a mobilização em profundidade de qualquer elemento, uma vez que a água é o veículo de transporte. Este aspecto é relevante, uma vez que o período experimental decorreu em dois anos secos (1993 - 602 mm anuais; 1994 - 398 mm anuais; precipitação média anual na região - 765 mm). Daqui decorre que na simulação de um período de 50 anos, foram considerados 50 anos de precipitação anual significativamente inferior à média anual. Nestas condições, mesmo que existam no solo condições de mobilização, esta é fortemente afectada por uma redução importante das condições de transporte.

Através da Figura 6.73, verifica-se ainda que a variação acumulada de Cu na camada 50 - 100 cm é do mesmo tipo que a que se observa para o transporte acumulado de Cu, Figura 6.72, podendo admitir-se que sejam as condições prevalecentes nesta camada, que determinam o aumento da mobilização de Cu.

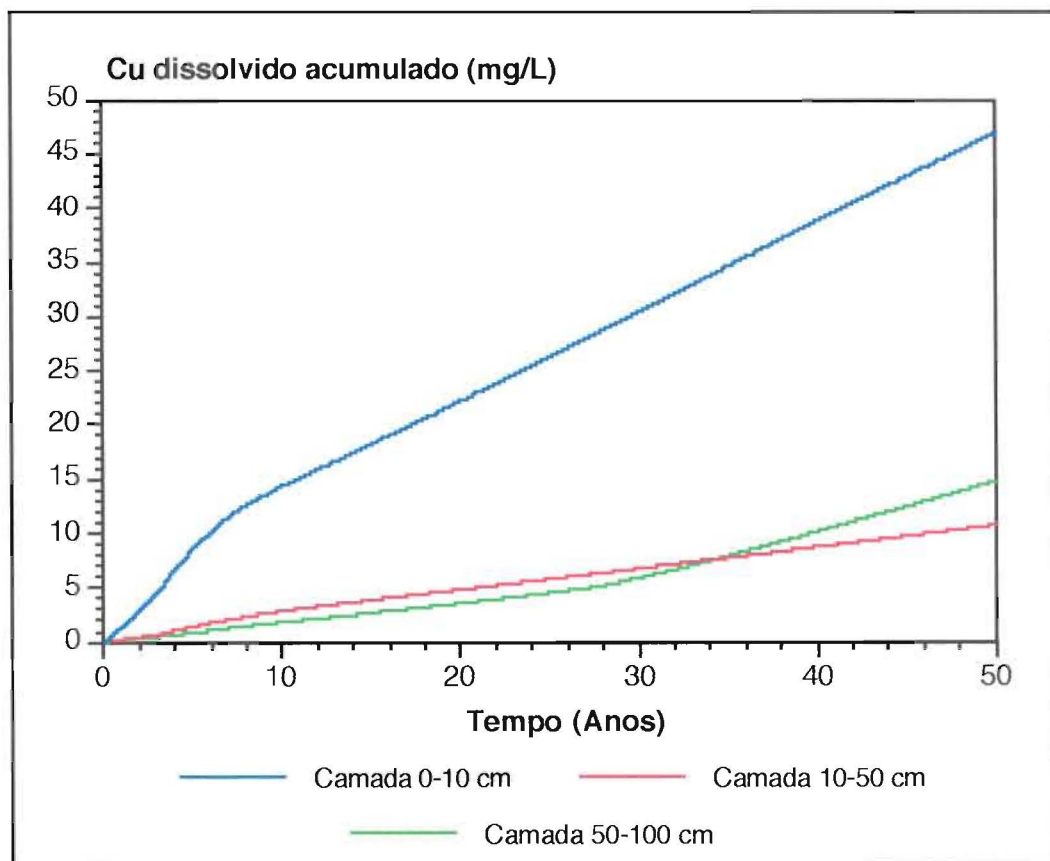


Figura 6.73 - Contribuição das três camadas do perfil considerado, para o transporte de Cu.

As Figuras 6.74, 6.75 e 6.76, mostram, respectivamente, a variação do Cu, DOC e pH da solução do solo, em profundidade, e ao longo do período de 50 anos simulado.

Na Figura 6.74, referente ao Cu, são facilmente identificáveis os máximos correspondentes às duas aplicações de efluente. Estas variações, embora fortemente pronunciadas na camada superficial, são também observáveis, com menor intensidade, nas duas camadas inferiores, verificando-se mesmo que, na camada 50-100 cm, estas começam por ser pouco perceptíveis, mas a sua presença é indiscutível a partir de cerca de 25 anos.

Pode, pois, constatar-se que, ao longo do período de 50 anos simulado, ocorre transporte de Cu ao longo do perfil considerado.

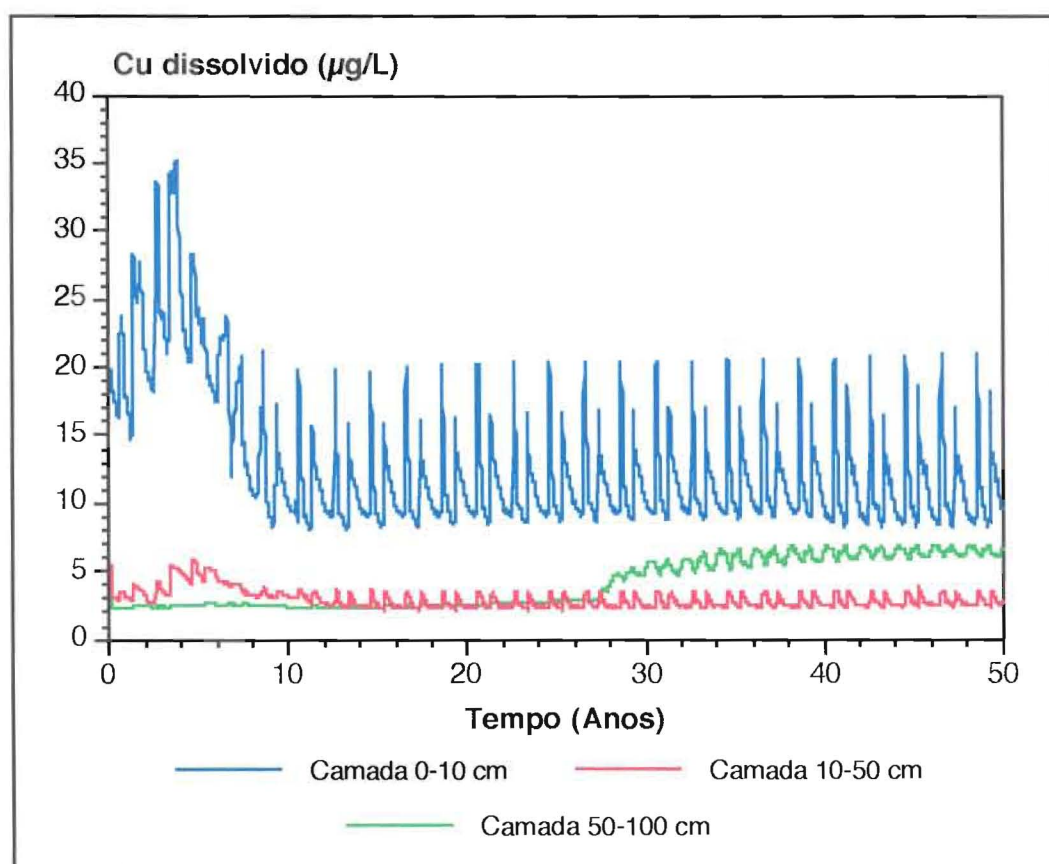


Figura 6.74 -Variação da concentração de Cu em solução ao longo do perfil, durante o período de 50 anos considerado.

No que se refere à camada superficial, verifica-se durante os 5 anos iniciais um aumento da concentração de Cu em solução que atinge valores da ordem de 35 ppb. Nos 5 anos seguintes esta concentração diminui gradualmente para cerca de 8 a 20 ppb, permanecendo nestes valores durante os 40 anos seguintes.

A camada subjacente, 10-50 cm, apresenta, com um desfasamento compreensível, um comportamento semelhante, embora as concentrações de Cu sejam agora

significativamente inferiores. Tal como na camada superficial as condições de equilíbrio nesta camada parecem estabilizar ao fim de um período de 10 anos, não se verificando variações da mobilização de Cu (em termos médios), ao longo dos 40 anos que se seguem. Na camada inferior, 50-100 cm, o comportamento é diferente, observando-se que durante cerca de 25 anos não há variação do Cu solúvel, permanecendo a sua concentração em cerca de 3 ppb. A partir desse período, e até ao fim dos 50 anos simulados, verifica-se um rápido aumento da concentração de Cu em solução que estabiliza em 5 a 8 ppb a partir de 34 anos de simulação.

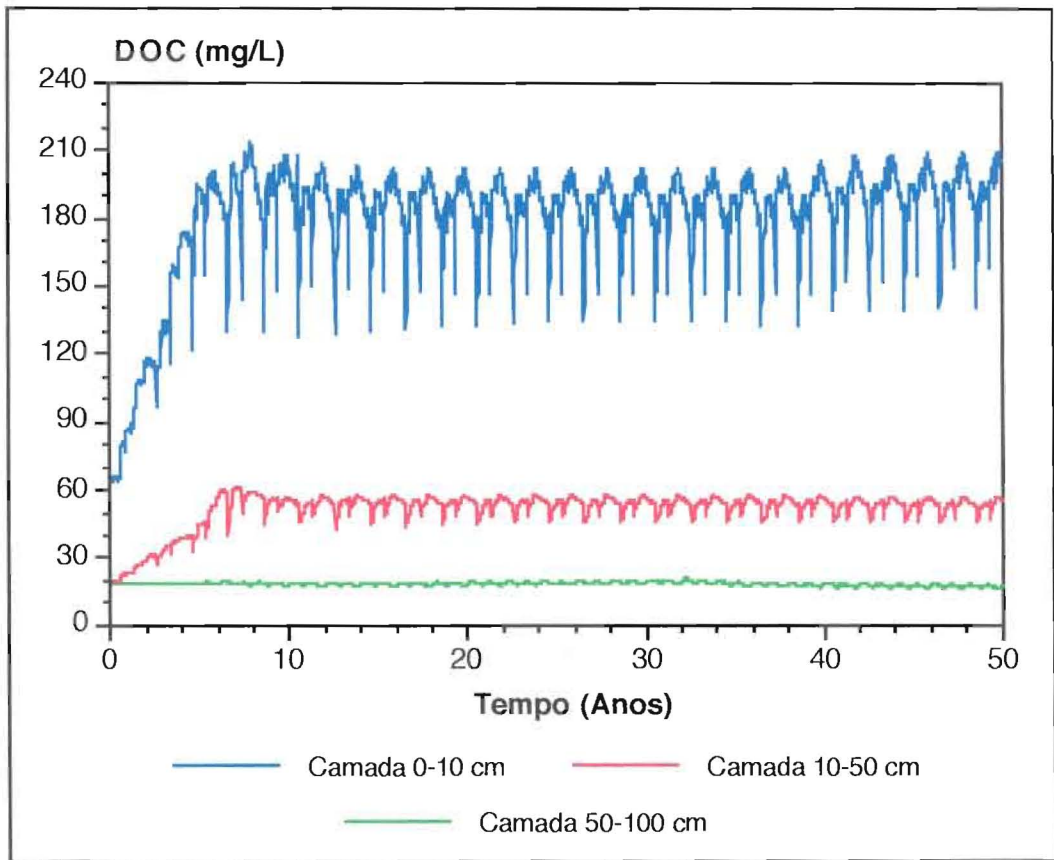


Figura 6.75 -Variação da concentração de DOC em solução ao longo do perfil, durante o período de 50 anos considerado.

Na Figura 6.75, referente ao DOC em solução, constata-se variações semelhantes às anteriormente observados para o Cu, sendo no entanto muito menos acentuadas na camada inferior. Verifica-se, no entanto que, embora ocorra transporte de DOC ao longo de todo perfil, só os 50 cm superiores (1ª e 2ª camadas) apresentam um enriquecimento em DOC.

Este enriquecimento é mais pronunciado na camada superficial, verificando-se que, durante os primeiros 8 a 10 anos, o DOC aumenta de cerca de 60 ppm para cerca de 210 ppm, estabilizando depois até ao fim do período de simulação entre 130 e 210 ppm.

Na camada subjacente, 10-50 cm, verifica-se um aumento de 25 ppm para cerca de 60 ppm, nos primeiros 8 anos, estabilizando entre 45 e 60 ppm nos anos subsequentes.

A camada inferior, tal como anteriormente referido, apresenta oscilações do DOC, concordantes com a aplicação de efluente, não se verificando um aumento significativo, permanecendo em cerca de 20 ppm durante os 50 anos simulados.

A Figura 6.76 refere-se à variação do pH ao longo dos 50 anos simulados. A variação observada para as três camadas estudadas pode considerar-se como “surpreendente” relativamente ao que poderia ser expectável para um solo deste tipo (areias ácidas).

Nesta Figura são também evidentes, nas três camadas, embora decrescendo de amplitude com o aumento da profundidade, as variações temporais introduzidas pelo efluente aplicado.

Na camada superficial a aplicação de efluente levou a uma gradual subida dos valores de pH, desde cerca de pH 5.3 a cerca de pH 8.4. Este aumento ocorre nos 10 a 11 anos iniciais, permanecendo, aproximadamente entre pH 7 e pH 8.4 nos anos subsequentes.

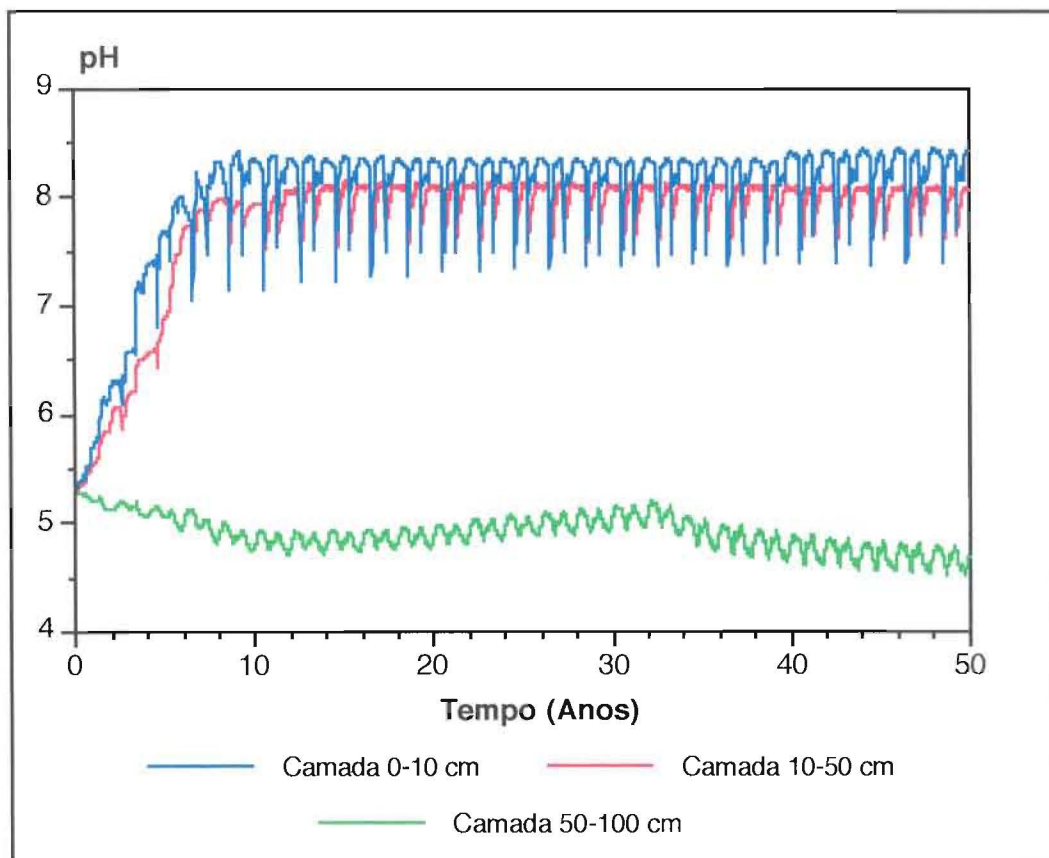


Figura 6.76 -Variação do pH da solução do solo ao longo do perfil, durante o período de 50 anos considerado.

Na camada seguinte verifica-se também, no mesmo período inicial de cerca de 11 anos, um aumento inicial do pH até valores da ordem de 8, permanecendo a situação estável até ao fim do período simulado com valores variando entre 7.5 e 8.

Na camada inferior o comportamento observado é o inverso, isto é, verificando-se, durante os primeiros 10 a 11 anos, uma descida dos valores de pH desde 5.2 a 4.7. Após este período, o pH sobe novamente até valores da ordem de 5 e, aproximadamente, a partir dos 32 anos de simulação o pH volta a descer para valores inferiores a 5, assim permanecendo até ao fim do período de simulação.

A grande subida do pH observada nos 50 cm superficiais pode dever-se à grande alteração das condições de equilíbrio químico provocada pela aplicação do efluente, nomeadamente a 2ª aplicação, como se constata pela Figura 6.70. Enquanto o efluente aplicado no 1º ano foi essencialmente "líquido", o efluente aplicado no 2º ano apresentou uma fase sólida significativamente superior, já que continha lamas depositadas no fundo da fossa da suinicultura.

De acordo com o ANEXO A4, enquanto que no 1º ano foram introduzidos no Talhão III cerca de 2.6 g P m², no 2ª ano esse valor foi de 76.6, estando o fósforo, predominantemente, na fase sólida. Por sua vez a CQO passou de 49.9 g m², no 1º ano, para 75.1, no 2º ano.

Para além de uma grande libertação de C O₂, que, só por si, determina um aumento do pH, os fosfatos tendem a permanecer no solo superficial e, se as condições de pH o permitirem, podem ocorrer reacções de precipitação, nomeadamente com o Ca ou com outros elementos incorporados com o efluente. Reacções do mesmo tipo podem também ocorrer com os carbonatos.

Deste modo, o que provavelmente ocorre nas camadas superficiais do solo é um enriquecimento gradual em fosfatos e carbonatos, sendo as reacções de equilíbrio determinadas pela solubilização/precipitação destes compostos.

Por outro lado, enquanto uma parte do Ca incorporado no solo precipita como fosfatos, outra parte remove o DOC da solução para a fase sólida, levando a uma estabilização do DOC em solução. Para valores mais elevados de pH, aumenta a dissociação dos grupos fenólicos e diminuem significativamente as cargas resultantes da dissociação de grupos carboxílicos. Nestas condições, embora o Cu tenha maior afinidade para os grupos fenólicos do que o Ca, a concentração de Ca é substancialmente superior (Ca - 9.1 g m² na 2ª aplicação; Cu - 1.7 g m²), e a sua ligação ao DOC promove a sua imobilização na fase sólida levando, consequentemente, a um aumento da MO do solo.

Assim, e no que se refere ao Cu, admite-se que na camada superficial se: 1) aumento do Cu em solução, apesar da subida do pH, devido a uma maior concentração de DOC e

aumento da sua capacidade complexante; 2) redução do Cu solúvel, por remoção do DOC em solução; 3) o pH atinge valores que aumentam de forma significativa as cargas de superfície da fase sólida e 4) a remoção do DOC para a fase sólida promove também a remoção do Cu, por aumento da capacidade de complexação da MO do solo.

Relativamente à camada inferior, a lixiviação de nitratos e processos como a nitrificação, podem ser responsáveis pelos valores de pH muito ácidos observados. Nesta camada, em que o DOC permanece constante, e o Cu em solução se apresenta essencialmente como complexos organo-metálicos, é, provavelmente, o pH o factor chave na mobilização do Cu para fora do perfil. De facto, verifica-se que o aumento do Cu em solução observado na Figura 6.74, após cerca de 32 anos de simulação, coincide com uma descida do pH no mesmo período.

Outra circunstância que está provavelmente associada àquela súbita libertação de Cu na solução, é a desagregação de um “horizonte espódico” incipiente. Os baixos valores de pH observados após esse período podem levar a uma desSORÇÃO e mesmo solubilização de óxidos de Fe, Al e Mn, provocando uma libertação de Cu na solução do solo. Este aumento de Cu em solução na camada inferior do solo pode reflectir não só uma mobilização em profundidade, como também uma libertação do Cu retido na fase sólida dessa camada.

Deste modo, ao longo da simulação a longo-prazo da mobilidade do Cu em profundidade, o DOC e o pH podem ser considerados como variáveis de estado, no que se refere aos processos de mobilização daquele metal.

Esta observação é sustentada pela análise estatística das 18250 observações constantes do ficheiro de saída do modelo, em que o transporte de Cu é explicado em 99%, $R^2 = 0.990$, pela equação [16], que a seguir se indica:

$$\text{Transporte de Cu} = 144.61 + 6.245\text{Cu} + 0.531\text{DOC} - 30.265\text{pH} \quad [16]$$

6.3.2.3 Considerações Finais

Relativamente ao comportamento do Cu no solo, numa perspectiva de longo-prazo, é pertinente chamar a atenção para o facto do Cu que ao longo de tempo de vai acumulando no solo.

Assim, por exemplo, ao fim de 10, 12 anos a concentração de Cu em solução estabiliza, sofrendo apenas as variações temporais que se seguem à aplicação de efluente. Por outro lado, sabe-se e constatou-se, que a camada superficial do solo é, não só a principal mobilizadora de Cu, como também a principal acumuladora.

De acordo com os valores estimados pelo modelo, ao fim de 20 anos, por exemplo, a aplicação acumulada de Cu no solo foi de 153 mg Cu m^{-2} , dos quais foram lixiviados $30.43 \text{ mg Cu m}^{-2}$, ou seja, $122.57 \text{ mg Cu m}^{-2}$ permanecem no perfil. Se, por sua vez, forem considerados os 50 anos de simulação a incorporação de Cu no sistema é de 383.63 mg m^{-2} , dos quais apenas 127.99 mg m^{-2} são transportados para fora do perfil, no qual permanecem acumulados $255.64 \text{ mg Cu m}^{-2}$.

Esta circunstância é também relevante para um possível cenário de eventual interrupção da aplicação de efluentes ao solo, como pode facilmente acontecer em consequência da modificação de sistemas de uso da terra.

Certamente os elevados valores de pH registados nos 50 cm superficiais, e que proporcionavam uma maior retenção de Cu pela fase sólida, vão baixar. Os fosfatos e carbonatos tornar-se-ão instáveis, permitindo por um lado a lixiviação de cátions básicos e por outro a libertação de carbono orgânico na solução do solo. A redução do pH tem importantes consequências na mobilização do Cu através da redução dos processos de retenção e complexação de superfície, possibilitando a sua complexação com o DOC em solução e, portanto, o seu transporte em profundidade, em concentrações provavelmente superiores aos 4.1 mg Cu m^{-2} , anteriormente referidos.

Estas são apenas algumas das hipóteses eventualmente possíveis. Os resultados são, no entanto, imprevisíveis. Terá certamente todo o interesse saber como é que um solo que se tornou num acumulador de Cu, se pode transformar, a longo-prazo, num potencial mobilizador deste elemento, em função dos sistemas de uso a que está submetido. Esta é uma das vantagens da utilização de modelos deste tipo e que será seguramente aproveitada, com outros cenários, para a avaliação de potenciais situações de risco ambiental.

Capítulo 7

CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que o solo estudado tem uma capacidade relativamente baixa para imobilizar Cu nos constituintes da fase sólida. Nas condições experimentais utilizadas, o processo de adsorção foi significativamente influenciado pelo pH, dependendo ainda da actividade daquele metal, observando-se que, mesmo nas condições de pH mais favoráveis e para níveis de Cu mais elevados, cerca de 65% permanecia em solução.

Os ensaios de especiação mostraram que o Cu predominava em formas de muito baixa labilidade. Relativamente às formas mais lábeis, constatou-se que a fracção dominante era de Cu adsorvido + complexado, dependente de factores como o pH, a adsorção de Al, e do teor em óxidos de Al livres. Por sua vez, o Cu solúvel era significativamente correlacionado com características do solo, tais como a percentagem de MO, a CTC, o pH e o DOC, dependendo ainda da concentração de Al, de Mn e de Ca.

O DOC presente na solução do solo mostrou possuir uma capacidade de dissociação relativamente fraca, predominando as cargas resultantes da desprotonação de grupos carboxílicos. Assim, pode considerar-se que este DOC era, essencialmente, de natureza “fúlvica”, com um $pK_1 = 4.5$ e um $pK_2 = 9.5$.

Apesar do seu baixo poder complexante, dado que a fase sólida tem uma capacidade de retenção de Cu limitada, este DOC pode ser importante na mobilização e estabilização do Cu em solução, provocando, portanto, uma diminuição da actividade deste metal. Por sua vez, a matéria orgânica associada à fase sólida apresenta maior número de cargas totais, aumentando a proporção de grupos fenólicos dissociados, relativamente aos carboxílicos. Por este motivo, considera-se que esta matéria orgânica, essencialmente de natureza “húmica”, tem uma maior acção complexante, tendo, provavelmente, uma acção importante na imobilização do Cu em solução.

Com a aplicação de efluente, nos ensaios de campo, verificou-se que, ao fim de 511 dias de período experimental, a concentração de Cu dissolvido aumentou ao longo do perfil. Para além destas observações, a aplicação de efluente provocou ainda significativas alterações na composição da solução, nomeadamente no DOC, no pH e na força iónica. Considera-se que estas modificações terão determinado o comportamento observado para o Cu em solução, que se verificou estar fortemente correlacionado com o DOC e teor em carbonatos totais, isto é, com a alcalinidade do sistema. É interessante notar que através do DOC, por si só, foi possível interpretar uma percentagem das variações observadas superior a 70%.

A modelação da especiação do Cu em solução, mostrou que este metal predomina (numa percentagem superior a 95%) como complexos Cu-DOC. Com o aumento do pH verificou-se um incremento do Cu complexado com os grupos fenólicos, relativamente aos grupos carboxílicos, o que pode estar relacionado com uma maior afinidade do Cu para aqueles grupos, podendo ainda ser resultado de processos de competição com cátions como o Ca, para valores de pH mais elevados, e com o Fe e o Al, na situação inversa.

Dado que uma fracção importante do Cu solúvel permanece complexada com o DOC, quer ao longo do tempo, quer em profundidade, considera-se que ocorreram condições para o “transporte facilitado” deste metal, e que o DOC constitui uma variável de estado para a dinâmica do Cu no solo.

Embora neste caso de estudo as concentrações de Cu susceptíveis de transporte sejam muito baixas, verificaram-se, no final do período experimental, acréscimos no teor do metal por efeito das duas aplicações de efluente. Admite-se que sucessivas adições externas deste metal ao solo podem aumentar a quantidade de Cu potencialmente mobilizável, atingindo, eventualmente, concentrações ambientalmente preocupantes. Considera-se, no entanto, que o comportamento dos constituintes da fase sólida de camadas mais profundas do solo poderá, em certa medida, desempenhar um papel importante na limitação desse transporte para as águas subterrâneas, por aumento da imobilização do Cu transportado e, influenciando, deste modo, o seu impacto ambiental.

A modelação do comportamento do Cu neste sistema, numa perspectiva de longo-prazo, mostrou, ao longo de uma simulação de 50 anos, que ocorre transporte de Cu ao longo do perfil considerado. Esse transporte, explicado pela concentração de Cu, pelo DOC e pelo pH, é quantitativamente inferior ao adicionado, verificando-se que a concentração anual de Cu no lixiviado não excede os 4 mg m⁻². Isto significa que, para além da existência de transporte em profundidade, se verifica uma acumulação importante de Cu ao longo do perfil, em condições ambientais do sistema solo/efluente significativamente diferentes das iniciais.

Esta acumulação, resultante das modificações ambientais provocadas por sucessivas aplicações de efluente tomam interessante o estudo de um cenário alternativo, tal como o decorrente da interrupção da aplicação de efluente ou da modificação do sistema de uso do solo.

Procurando contextualizar os resultados obtidos, admite-se que, de um modo geral, os impactes ambientais de práticas agrícolas, semelhantes à simulada neste estudo, sejam mais significativos nos solos característicos de regiões do Norte da Europa, relativamente aos característicos da região Mediterrânica. Esta conclusão decorre da maior capacidade de acumulação de MP ao longo do perfil nos solos característicos desta segunda região. Por sua vez, nos solos característicos de regiões do Norte da Europa, o seu regime hidrológico,

bem como, a natureza e teor em MO e em DOC, entre outros, tornam previsível um transporte de MP mais acentuado.

Necessariamente, que a intensidade de exploração dos sistemas de uso do solo e a profundidade das águas subterrâneas, constituem também factores relevantes para a magnitude daquele transporte.

Numa perspectiva de trabalho futuro, considera-se que seria interessante estudar as implicações ambientais resultantes da interrupção de práticas agrícolas que incluem a adição de efluentes ao solo, bem como, de modificações de sistemas de uso.

Por outro lado, crê-se que a modelação do sistema poderia ser beneficiada com o estudo da labilidade do Cu acumulado ao longo do perfil.

Considera-se ainda que seria relevante averiguar o comportamento do Cu noutros tipos de solo, nomeadamente com maior capacidade de retenção de MP, maior teor em MO, isto é, maior reactividade química, e com outros tipos de aplicação de efluente.

Capítulo 8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLOWAY, B.J. (1990a) - Soil processes and the behaviour of metals. In "Heavy Metals in Soils", Alloway, B.J. (Ed.), Blackie and Son Ltd. Glasgow and London, 7- 28.
- ALLOWAY, B.J. (1990b) - The origins of heavy metals in soils. In "Heavy Metals in Soils", Alloway, B. J. (Ed.), Blackie and Son Ltd. Glasgow and London, 29-39.
- ALLOWAY, B.J. and JACKSON, A.P. (1991) - The behaviour of heavy metals in sewage sludge-amended soils. *The Science of the Total Environment*, 100: 151-176.
- ALVA, A.K.; SUMNER, M.E. e MILLER, W.P. (1991) - Relationship between ionic strength and electrical conductivity for soil solutions. *Soil Sci.* 152:239-242.
- AMOOZEGAR-FARD, A.; FULLER, W.H. and WARRICK, A.W. (1984) - An approach to predicting the movement of selected polluting metals in soils. *J. Environ. Qual.*, 13(2):290-297.
- A.P.H.A. (1992) - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition, A.E. Greenberg; L.S. Clesceri e A.D. Eaton (Eds.). American Public Health Association Inc. Washington D.C.
- ARINGHIERI, R.; CARRAL, P. and PETRUZZELLI, G. (1985) - Kinetics of Cu^{2+} and Cd^{2+} adsorption by an Italian soil. *Soil Sci.*, 139: 197- 204.
- BACCINI, P. (1984) - Regulation of trace metal concentrations in freshwater systems. In: *Metal Ions in Biological Systems*, Vol.18. Circulation of metals in the environment. Helmut Sigel (ed.), Marcel Dekker, Inc., New York and Basel. Chap.8:239-286.
- BAKER, D.E. (1990) - Copper. In "Heavy Metals in Soils", Alloway, B. J. (Ed.), Blackie and Son Ltd. Glasgow and London, 151-176.
- BARBER, S. A. (1984) - Soil Nutrient Bioavailability. A Mechanistic Approach. John Wiley & Sons. Chapter 15:346-363.
- BARON, J.; LEGRET, M. and ASTRUC, M. (1990) - Study of interactions between heavy metals and sewage sludges. Determination of stability constants and complexation capacities of complexes formed with Cu and Cd. *Environ. Technology*, 11:151-162.
- BARROW, N. J. (1987) - The effects of phosphate on zinc sorption by a soil. *J. Soil Sci.* 38:453-459.
- BARROW, N. J. (1985) - Reactions of anions and cations with variable-charge soils. *Advances in Agronomy*, 38:183-230.

- BARROW, N.J., BOWDEN, J.W., POSNER, A.M. and QUIRK, J.P. (1981) - Describing the adsorption of copper, zinc and lead on a variable charge mineral surface. *Australian J. Soil Research*, 19: 309 - 321.
- BASTA, N.T. and TABATABAI, M.A. (1992) - Effect of cropping systems on adsorption of metals by soils: I. Single-Metal adsorption. *Soil Science*, 153(2):108-114.
- BCR (1990) - Scheme for interlaboratory speciation soil & sediment trial. BCR Procedure for Soil and Sediments Analysis. 14 pp.
- BCR (1983) - The certification of the contents of cadmium, copper, mercury, nickel, lead and zinc in a light sandy soil. BCR N° 142. Report EUR 8834 EN. CEE
- BENEDETTI, M.F.; MILNE, C.J.; KINNIBURGH, D.G.; VAN RIEMSDIJK, W.H. and KOOPAL, L.K. (1995) - Metal ion binding to humic substances. Application of the non-ideal competitive adsorption model. *Environ. Sci. Technol.*, 29:446-457.
- BLOOMFIELD, C. and SANDERS, J.R. (1977) - The complexing of copper by humified organic matter from laboratory preparations, soil and peat. *J. Soil Sci.*, 28:435-444.
- BOLT, G.H. (1978) - Surface interaction between the soil solid phase and the soil solution. In: *Soil Chemistry A. Basic Elements*. G.H. Bolt and M.G.M. Bruggenwert (eds.), Elsevier Scientific Publishing Company (2nd rev. edition), chap.3:43-53.
- BOLT, G.H.; BRUGGENWERT, M.G.M. and KAMPHORST, A. (1978) - Adsorption of cations by soil. In: *Soil Chemistry A. Basic Elements*. G.H. Bolt and M.G.M. Bruggenwert (eds.), Elsevier Scientific Publishing Company (2nd rev. edition), chap.4: 54-90.
- BONAZOUNTAS, N. (1987) - Chemical fate modelling in soil systems; a state-of-the-art review. In "Scientific Basis for soil Protection in the European Community", H. Barth and P. L'Hermite (eds.). Elsevier Applied Science, Belgium, pp. 487-566.
- BOURG, ALAIN C.M. (1995) Speciation of Heavy Metals in Soils and Groundwater and Implications for their Natural Natural and Provoked Mobility, In " Heavy metals. Problems and Solutions". W. Salomons; U. Forstner and P. Mader (Eds.), Springer. Germany. pp. 412.
- BOURG, A.C.M. (1988) - Metals in aquatic and terrestrial systems: sorption, speciation and mobilization. In "Chemistry and Biology of Solid Waste", W. Salomons and U. Förstner (Eds.). Springer-Verlag, U.S.A., pp.3-32.
- BOURG, A.C.M. and LOCH, J.P.G. (1995) - Mobilization of Heavy Metals as affected by pH and Redox Conditions. In "Biogeodynamics of Pollutants in Soils and Sediments. Risk Assessment of Delayed and Non-Linear Responses". Salomons, W. and Stigliani, W.M., (Eds.). Springer. 352 pp.
- BOWEN, H.J.M.; BERROW, M.L.; BURTON, J.D.; CAWSE, P.A.; PATTERSON, D.S.P.; STATHAM, P.J. and URE, A.M. (1982) - Environmental Chemistry. A review of the literature published up to mid-1980. The Royal Society of Chemistry, Burlington House, London, volume 2:136-147.

- BOYLE, M. and FULLER, W. H. (1987) - Effect of municipal solid waste leachate composition on zinc migration through soils. *J. Environ. Qual.*, 16(4):357-360.
- BREAULT, R.; COLMAN, J.; AIKEN, G. and McKNIGHT, D. (1996) - Copper Speciation and Binding by Organic Matter in Copper-Contaminated Streamwater. *Environ. Sci. Technology*, 30:3477-3486.
- BRIL, J. (1995) - Transfer functions between adsorption constants and soil characteristics. In "Critical loads and excess loads of cadmium, copper and lead in European forest soils". SC-DLO/AB-DLO, report 96;31-50.
- BRIL, J. and SALOMONS, W. (1990) - Chemical composition of animal manure: a modelling approach. *Netherlands J. Agric Sci.*, 38:333-351.
- BRÜMMER, G. W.; GERTH, J. and HERMS, U. (1986) - Heavy metal species, mobility and availability in soils: *Z. Pflanzenemaehr. Bodenk.*, 149:382-398.
- BUCHTER, B.; DAVIDOFF, B.; AMACHER, M. C.; HINZ, C.; ISKANDAR, I. K. and SELIM, H. M. (1989) - Correlation of freundlich K_d and n retention parameters with soils and elements. *Soil Science*, 148(5):370-379.
- BUFFLE, J. (1984) - Natural organic matter and metal-organic interactions in aquatic systems. In: *Metal Ions in Biological Systems*, Vol.18. Circulation of metals in the environment. Helmut Sigel (ed.), Marcel Dekker, Inc., New York and Basel. Chap. 6:165-221.
- CARDOSO, J.C.; BESSA, M.T. and MARADO, M.B. (1973) - Carta de Solos de Portugal (1:1000000). *Agronomia Lusit.*, 33:481-602.
- CARDOSO, J.C. (1965) - Os solos de Portugal. Sua caracterização e génese. 1- A Sul do rio Tejo. Direcção Geral dos Serviços Agrícolas. Secretaria de Estado da Agricultura, Lisboa.
- CAREY, P.L.; McLAREN, R.G.; CAMERON, K.C. and SEDCOLE, J.R. (1996) - Leaching of copper, chromium, and arsenic through some free-draining New Zealand soils. *Australian Journal Soil Research*, 34:583 - 597.
- CAVALLARO, N. and McBRIDE, M.B. (1984) - Zinc and copper sorption and fixation by an acid soil clay: effect of selective dissolutions *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:1050-1054.
- CAVALLARO, N. and McBRIDE, M.B. (1980a) - Activities of Cu^{2+} and Cd^{2+} in soil solutions as affected by pH. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44: 729-732.
- CAVALLARO, N. and McBRIDE, M.B. (1980b) - Response of the Cu^{2+} and Cd^{2+} ion-selective electrodes to solutions of different ionic strength and ion composition. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44: 881-882.
- CAVALLARO, N. and McBRIDE, M.B. (1978) - Copper and cadmium adsorption characteristics of selected acid and calcareous soils. *Soil Science Society American Journal*, 42: 550- 556.

- CHEN, Y. and STEVENSON, F.J. (1986) - Soil organic matter interactions with trace elements. In: The role of organic matter in modern agriculture, Y. Chen & Y. Avnimelech (eds.), Martinus Nijhoff Publishers, chap. 5:73-116.
- DARMODY, R.G.; FOSS, J.E.; McINTOSH, M and WOLF, D.C. (1983) - Municipal sludge compost-amended soils: some spatiotemporal treatment effects. *J. Environ. Qual.*, 12:231-236.
- DAVIS, R.D.; CARLTON-SMITH, C.H.; STARK, J.H. and CAMPBELL, J.A. (1988) - Distribution of metals in grassland soils following surface applications of sewage sludge. *Environ. Pollut. (Ser. B)*, 8:163-185.
- DE HAAN, F.A.M.; VAN DER ZEE, S.E.A.T.M. and VAN RIEMSDIJK, W.H. (1987) - The role of soil chemistry and soil physics in protecting soil quality: variability of sorption and transport of cadmium as an example. *Netherlands Journal of Agricultural science*, 35:347 - 359.
- DE ROOIJ, N.M. (1991) - CHARON: a mathematical model to simulate biochemical processes. Delft Hydraulics Laboratory, R1310-10. The Netherlands.
- DE ROOIJ, N.M. and KROOT, M.P.J.M. (1991) - CHARON. Users manual for CHARON, JSBACH, and FUN. Delft Hydraulics, Delft, The Netherlands.
- DEL CASTILLO, P.; BRIL J.; CHARDON, W.J.; HESTERBERG, D.; JAPENGA, J.; SALOMONS, W.; KOOPMANS, J.C.; SCHELTENS, S.D.; BLAAUW, D.; DALENBERG, J.H.W.; SCHUURMANS, W.; VRIESEMA, R.; BRUNT, K. and BRUINS, A.P. (1997) - Laboratory simulation and field study concerning soil processes with respect to mobility and plant availability of heavy metals: dynamics, speciation and the role of organic matter. In: Speciation and Bioavailability of Heavy Metals, Sulphur, Phosphorus and Cyanide in Soils and Sediments. H. Rogaar and A.H. van de Heuvel-Pieper (ed.). The Netherlands Integrated Soil Research Programme Reports. -III. -vol.7. 211pp.:51 - 65.
- DEL CASTILHO, P.; CHARDON, W. and SALOMONS, W. (1993a) - Influence of cattle manure application on the solubility of cadmium, copper and zinc in a manured acidic, loamy-sandy soil. *J. Environ. Qual.*, 22:689-697.
- DEL CASTILHO, P., DALENBERG, J.W., BRUNT, K. and BRUINS, A.P. (1993b) - Dissolved organic matter, cadmium, copper and zinc in pig slurry - and soil solution-size exclusion chromatography fractions. *International Journal of Environmental Analytic chemistry*, 50: 91-107.
- DIAS, R.M.S. (1995) - Estudo da contaminação com cobre dos solos de vinha das regiões do Dão e do Ribatejo e Oeste. Tese de mestrado. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. 97 pp.
- DIAS, R.M.S. (1991) - Toxicidade de cobre num solo litólico não húmico derivado de granito. Contribuição para o seu estudo. Relatório de Estágio. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

- DOLFING, J. and BRIL, J. (1997) - Modelling the behaviour of organic pollutants in soil profiles. In the Proceedings of "International Workshop on Organic Micropollutants in the Environment". Olaf Malm and Jan Japenga (Eds.). 28 a 30 de Abril de 1997, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.
- DOMINGES, H., SILVA, J.M.V. e SEQUEIRA, E.M. (1991) - Plant uptake and distribution of eight heavy metals in soils treated with sewage sludges. In: Treatment and Use of sewage sludge and Liquid agricultural Wastes. P. L'Ermitte (Ed.), Proc. Symposium, Athens, 1- 14 Oct. 1990, Elsevier Applied Science Publishers, London, pp 441- 449.
- DOMINGUES, H. e SILVA, J. M. V. (1990) - Copper and zinc in sandy, granitic and schist soils. *Environ. Technology.*, 11:463-468.
- DOMINGUES, H.; Balsa, M.E.; SEQUEIRA, E.M. e OLIVEIRA, J.S. (1982) - Mobilidade de alguns metais pesados no solo. Seminário "A Geologia e o Ambiente", 23 a 25 de Fevereiro de 1982., 22 pp.
- DUDLEY, L.M.; McNEAL, B.L.; BAHAM, J.E.; CORAY, C.S. and CHENG, H.H. (1987) - Characterization of soluble organic compounds and complexation of copper, nickel and zinc in extracts of sludge-amended soils. *J. Environ. Qual.*, 16(4):341-348.
- DUDLEY, S.P.; SANDERS, J.R.; Tancock, N.P. and LAURIE, S.H. (1984) - A comparison of experimental methods and computer programs for determining metal ion concentrations. In "Environmental Contamination", International Conference, London, pp. 707-712.
- EDMUNDS, W. M. and BÄTH, A. H. (1976) - Centrifuge extraction and chemical analysis of interstitial waters. *Environ. Sci. Techn.*, 10(5): 467-472.
- ELLIS, R. H. (1985) - Factors affecting the behaviour of cadmium, níquel, and lead in soils amended with sewage sludge. Ph D Thesis, Department of Geography and Earth Science, Queen Mary College, London E1.
- FAO/UNESCO (1988). Soil map of the world. Revised legend. World Soil Resources. Report 60.FAO/UNESCP/ISRIC. Rome.
- FONSECA, M.S. e MARADO, M.O.B. (1991) - Carta de Solos de Portugal. Enquadramento das unidades taxonómicas da Classificação do C.N.R.O.A. na legenda da F.A.O. (1ª aproximação). Ministério da Agricultura e Pescas, INIA, Centro Nacional de Reconhecimento e Ordenamento Agrário.
- FORBES, E.A.; POSNER, A.M. and QUIRK, J.P. (1976) - The specific adsorption of divalent Cd, Co, Cu, Pb, and Zn on goethite. *Journal of Soil Science*, 27:154-166.
- FÖRSTNER, U. (1990) - Changes in Metal Mobilities in Aquatic and Terrestrial Cycles. In "Metals Speciation, Separation and Recovery". James W. Patterson and Robert Passino (Eds.). Lewis Publis., Inc. 2nd Ed.779 pp.

- FÖRSTNER, U. (1988) - Analysis and prognosis of metal mobility in soils and wastes. In: Contaminated Soil' 88., K. Wolf, W. J. van der Brink, F. J. Colon (eds.), Kluwer Academic Publishers, Volume 1:1-10.
- GASPAR, N, GASPAR, A. e OLIVEIRA, J.S. (1984) - Characterization and treatment of swine effluents in Portugal. Symposium on Environmental Management for Developed Countries. Istambul, 14 pp.
- GEBHARDT, H.; GRUN R. and PUSCH, F. (1988) - The accumulation of heavy metals in soils and crops through sewage sludge application. Z. Pflanzenemaehr. Bodenk., 151:307-310.
- GERRITSE, R.G. and VAN DRIEL, W. (1984) - The relationship between adsorption of trace metals, organic matter, and pH in temperate soils. Journal of the Environmental Quality, 13(2):197-204.
- GOMES, M.P. e SILVA, A.A. (1962). Um novo diagrama triangular para a determinação básica da textura do solo. Est. Agron. 3(1):1-9
- GRIFFIN, G.P. e JURINAK, J.J. (1973) - Estimation of activity coefficients from the electrical conductivity and other natural aquatic systems and soil extracts. Soil Sci. 116:26-30.
- GROSSL, P.R. and SPARKS, D.L. (1994) - Rapid kinetics of Cu (II) adsorption/desorption on goethite. Environ. Sci. Technol., 28:1422-1429.
- HÄNI, H. SIEGENTHALER, A. and CANDINAS, T. (1996) - Soil effects due to sewage sludge application in agriculture. Fertilizer Research, 43:149-156.
- HARTER, R. D. (1984) - Curve-fit errors in Langmuir adsorption maxima. Soil Sci. Soc. Am. J., 48(4): 749-752.
- HARTER, R.D. (1983) - Effect of soil pH on adsorption of lead, copper, zinc, and nickel. Soil Sci. Soc. Am. J., 47:47-51
- HARTER, R.D. (1979) - Adsorption of copper and lead by Ap and B2 horizons of several Northeastern United States soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 43:679-683.
- HAYES, M.H.B. (1986) - Soil organic matter extraction, fractionation, structure and effects on soil structure. In : The role of organic matter in modern agriculture, Y. Chen & Y. Avnimelech (eds.), Martinus Nijhoff Publishers, chap. 9:183-208.
- HESTERBERG, D.; BRIL, J. and RAATS, P.A.C. (1994) - Coupled chemical-equilibrium/transport model calculations of soil trace-metal leaching as influenced by interactive effects of dissolved organic matter, pH and electrolyte conditions. In: "Humic Substances in the global environment and implications on human health". N. Senesi and T.M. Miano (eds.), Elsevier Science B.V., 1131-1140.
- HESTERBERG, D.; BRIL, J. and DEL CASTILHO, P. (1993) - Thermodynamic modeling of zinc, cadmium, and copper solubilities in a manured acidic loamy-sand topsoil. J. Environm. Qual., 22:681-688.

- HESTERBERG, D.L.R. and del CASTILHO, P. (1991) - Modeling Cd, Cu, and Zinc solubilities in a manured acidic loamy-sand soil of The Netherlands. Paper presented at the 1991 Annual Soil Sci. Soc. Am. Meetings, Oct. 27 - Nov. 1, Denver, C, USA.
- HOFSTEDE, H. and HO, G. (1991) - The effect of addition of bauxite refining residue (red mud) on the behaviour of heavy metals in compost. In: Heavy Metals in the Environment, vol. 1 of "Trace metals in the Environment". Vernet, J.P. (ed.). Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp.67-94.
- HUANG, C.P.; RHOADES, E.A. and HAO, O.J. (1988) - Adsorption of Zn(II) onto hydrous aluminosilicates in the presence of EDTA., 22(8):1001-1009.
- HUE, N.V.; SILVA, J.A. and ARIFIN, R. (1988) - Sewage sludge-soil interactions as measured by plant and soil chemical composition. J. Environ. Qual., 17:384-390.
- JANSSEN, R.P.T., BRUGGENWERT, M.G.M. and VAN RIEMSDIJK, W.H. (1997) - Speciation of heavy metal ions as influenced by interactions of montmorillonite, Al hydroxide polymers and citrate. In: Speciation and Bioavailability of Heavy Metals, Sulphur, Phosphorus and Cyanide in Soils and Sediments. H. Rogaar and A.H. van de Heuvel-Pieper (ed.). The Netherlands Integrated Soil Research Programme Reports. -III. -vol.7. 211pp., 23 app., 37 - 49.
- JAPENGA, J.; DALENBERG, J. W.; WIERSMA, D.; SCHELTENS, S. D.; HESTERBERG, D. and SALOMONS, W. (1992) - Effect of liquid animal manure application on the solubilization of heavy metals from soil. Int. J. Environm. Anal. Chem., 46:25-29.
- JAPENGA, J. and HARMSSEN, K. (1990) - Determination of mass balances and ionic balances in animal manure. Netherlands J. Agric. Sci., 38:353-367.
- JARVIS, S.C. (1983) - Copper sorption by soils at low concentrations and relation to uptake by plants. J. Soil Sci., 32:257-269.
- JØRGENSEN, S.E. and JENSEN, A. (1984) - Processes of metal ions in the environment. In: Metal Ions in Biological Systems, Vol.18. Circulation of metals in the environment. Helmut Sigel (ed.), Marcel Dekker, Inc., New York and Basel. Chap. 3:61-103.
- KABATA-PENDIAS (1995) - Agricultural Problems Related to Excessive Trace Metal Contents in Soils, In "Heavy metals. Problems and Solutions". W. Salomons; U. Forstner and P. Mader (Eds.), Springer. Germany. pp. 412.
- KABATA-PENDIAS, A. and PENDIAS, H. (1992a) - Copper. In: Trace Elements in Soils and Plants, 2nd edition, CRC PRESS, London, chap. 6 - (V): 95-108.
- KABATA-PENDIAS, A. and PENDIAS, H. (1992b) - Soil Constituents. In: Trace Elements in Soils and Plants, 2nd edition, CRC PRESS, London, chap. 4:45-66.
- KABATA-PENDIAS, A. and PENDIAS, H. (1992c) - Soils and Soil Processes. In: Trace Elements in Soils and Plants. 2nd edition, CRC PRESS, London, chap. 3:23-43.

- KERVEN, G.L., EDWARDS, D.G. and ASHER, C.J. (1984) - The determination of native ionic copper concentrations and copper complexation in peat soil extracts. *Soil Science*, 137(2):91-99.
- KING, L. D. (1988) - Retention of metals by several soils of the southeastern United States. *J. Environ. Qual.*, 17(2):239-246.
- KING, L.D. and DUNLOP, W.R. (1982) - Application of sewage sludge to soils high in organic matter. *J. Environ. Qual.*, 11:608-616.
- KINNIBURGH, D.G.; JACKSON, M.L. and SYERS, J. K. (1976) - Adsorption of alkaline earth, transition, and heavy metal cations by hydrous oxide gels of iron and aluminum. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40 (5):796-799.
- KORTE, N.E.; SKOPP, J.; FULLER, W.H.; NIEBLA, E.E. and ALESII, B.A. (1976) - Trace element movement in soils: influence of soil physical and chemical properties. *Soil Sci.*, 122(6):350-359.
- KUITERS, A.T., MULDER, W. and ERNST, W.H.O. (1997) - Influence of soil organic matter on the mobility of heavy metals in the soil, their biotransformation by plant roots and the consequences for soil processes. In: *Speciation and Bioavailability of Heavy Metals, Sulphur, Phosphorus and Cyanide in Soils and Sediments*. H. Rogaar and A.H. van de Heuvel-Pieper (ed.). The Netherlands Integrated Soil Research Programme Reports. -III. -vol.7. 211pp., 23 app. 77 - 90.
- KURDI, F. and DONER, H.E. (1983) - Zinc and copper sorption and interaction in soils. *Soil Science Society American Journal*, 47:873 - 876.
- LANGMUIR, D. (1997) - *Aqueous Environmental Geochemistry*. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey 07548. 600 pp.
- Le RICHE, H. H. and WEIR, A. H. (1963) - A method of studying trace elements in soil fractions. *J. Soil Sci.*, 14 (2):225-235.
- LEHAMANN, R.G. and HARTER, R.D. (1984) - Assessment of copper-soil bond strength by desorption kinetics. *Soil Science Society American Journal*, 48:769-772.
- LINDSAY, W.L. (1979) - *Chemical Equilibria in Soils* John Wiley & Sons, Inc. New York. 449 pp.
- LINDSAY, W.L. (1972) - Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: *Micronutrients in Agriculture*. J. J. Mortvedt; P. M. Giordano and W. L. Lindsay, (eds.). *Soil Sci. Soc. Am., Inc., Madison, Wisconsin, USA*, pp. 41-58.
- LNEC (1995) - *Caracterização do estado da suinicultura relativamente ao estado de adequação à legislação do ambiente*.
- LÖVGREN, L. and SJÖBERG, S. (1989) - Equilibrium approaches to natural water systems-7. Complexation of copper(II), cadmium(II) and mercury(II) with dissolved organic matter in concentrated bog water. *Water Res.*, 23:327-332.
- LUMSDON, D.G. (1996) - Modelling cadmium retention by soils and the effects of aluminum competition. *Appl. Geochem.*, 11:285-291.

- MAGALHÃES, M. J.; SEQUEIRA, E. M. e LUCAS, M. D. (1985) - Copper and zinc in vineyards of central Portugal. *Water, Air, and Soil Pollution*, 26:1-17.
- MAGUIRE, M.; SLAVEK, J.; VIMPANY, I.; HIGGINSON, F.R. and PICKERING, W.F. (1981) - Influence of pH on copper and zinc uptake by soil clays. *Australian Journal Soil Research*, 19:217-229.
- MARN (1991) - Livro Branco sobre o Ambiente. Ministério do Ambiente e Recursos Naturais.
- MATTIGOD, S.V.; PRATT, P.F. and SCHALSCHA, E.B. (1985) - Trace metal speciation in a soil profile irrigated with waste waters. *Wat. Sci. Tech.*, 17:133-142
- MATTIGOD, S.V.; SPOSITO, G. and PAGE, A.L. (1981) - Factors affecting the solubilities of trace metals in soils. In: *Chemistry in the Soil Environment*. ASA special publication number 40. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, chap. 11: 203-221.
- McBRIDE, M.B. (1994) - *Environmental Chemistry of Soils*. Oxford University Press, Inc. 406 pp.
- McBRIDE, M.B. (1989) - Reactions controlling heavy metal solubility in soils. In: *Advances in soil science*. B. A. Stewart (ed.), Springer-Verlag, New York Inc., 10:1-56.
- McCARTHY, J.F. and ZACHARA, J.M. (1989) - Subsurface transport of contaminants: role of mobile colloidal particles. *Environ. Sci. Technol.*, 23:496-504
- McGEE, B.R.; LION, L.W. and LEMLEY, A.T. (1991) - Transport of dissolved organic macromolecules and their effect on the transport of phenanthrene in porous media. *Environ. Sci. Technol.*, 25:323-331.
- McGRATH, S.P. (1987) - Long-term studies of metal transfers following application of sewage sludge. In *"Pollutant, Transport and Fate in Ecosystems"*, P.J. Coughtrey, M.H. Martin and M.H. Unsworth (Eds.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 301-317.
- McLAREN, R.G. and CRAWFORD, D.V. (1973a) - Studies on soil copper. I. The fractionation of copper in soils. *J. Soil Sci.*, 24(2):172-181.
- McLAREN, R.G. and CRAWFORD, D.V. (1973b) - Studies on soil copper. II. The Specific adsorption of copper by soils. *J. Soil Sci.*, 24(4):443-452.
- MOOLENAAR, S.W.; TEMMINGHOFF, E.J.M. and DE HAAN, F.A.M. (1998) - Dynamic copper balances of contaminated sandy soil by changing solid and dissolved organic matter and pH. (submitted).
- MSAKY, J. J. and CALVET, R. (1990) - Adsorption behavior of copper and zinc in soils: influence of pH on adsorption characteristics. *Soil Science*, 150 (2):513-522
- NAIDU, R., KOOKANA, R.S., SUMNER, M.E., HARTER, R.D. and TILLER, K.G. (1997) - Cadmium sorption and transport in variable charge soils: a review. *J. Environ. Qual.*, 26:602 - 617.

- NEAL, R.H. and SPOSITO, G. (1986) - Effects of soluble organic matter and sewage sludge amendments on cadmium sorption by soils at low cadmium concentrations. *Soil Sci.*, 142:164-172.
- NEDERLOF, M.M., VAN RIEMSDIJK, W.H. and KOOPAL, L.K. (1997) - Speciation influenced by multicomponent adsorption and complexation - analysis of heterogeneous systems with variable surface charge and surface potencial. In: *Speciation and Bioavailability of Heavy Metals, Sulphur, Phosphorus and Cyanide in Soils and Sediments*. H. Rogaar and A.H. van de Heuvel-Pieper (ed.). The Netherlands Integrated Soil Research Programme Reports.-III. -vol.7. 211pp., 23 app., 23 - 35.
- NOVOTNY VLADIMIR (1995) Diffuse Sources of Pollution by Toxic Metals and Impact on Receiving Waters, In " Heavy metals. Problems and Solutions". W. Salomons; U. Forstner and P. Mader (Eds.), Springer. Germany. pp. 412.
- NOVOZAMSKY, I ; BEEK, J. and BOLT, G.H. (1978)- Chemical Equilibria. In: *Soil Chemistry A. Basic Elements*. G.H.Bolt and M.G.M.Bruggenwert (eds.), Elsevier Scientific Publishing Company (2nd rev. edition), chap.2: 13-42
- NRIAGU, J.O. (1979) - Copper in the Environment, Part I, Ecological cycling. J.O. Nriagu (Ed.), John Wiley & Sons Inc., New York, pp.
- NRIAGU, J.O. and PACYNA, J.M. (1988) - Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature*, 333(6169): 134-139.
- PARFITT, R.L.; FRASER, A.R. and FARMER, V.C. (1977) - Adsorption on hydrous oxides. III. Fulvic and humic acids on goethite, gibbsite and imogolite. *J. Soil Sci.*, 28:289-296.
- PERDUE, E.M. and LYTLE, C.R. (1983) - Distribution model for binding of protons and metal ions by humic substances. *Environ. Sci. Technol.*, 17:664-660.
- PETRUZZELLI, G.; GUIDI, G. and LUBRANO, L. (1986) - Assessment of bioavailable heavy metals in compost-treated soils. In: *Proc Int. Conf. on "Chemicals in the environment"*, J. N. Lester, R. Perry and R. M. Sterritt (eds.), 1-3 July, 1986, 772-778.
- PÓVOAS, I. e BARRAL, M.F. (1992) - Métodos de análise de solos. *Comunicações do Instituto de Investigação Científica Tropical, Série de Ciências Agrárias*. Ministério do Planeamento e da Administração do Território, Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia, Lisboa. pp 61.
- PURVES, D. (1985) - Sources of trace-element contamination of soils. In: *Trace-Element Contamination of the Environment*, Chap. 4. *Fundamental Aspects of Pollution Control and Environmental Science*; 7. Elsevier Science Publishers B.V., pp. 66-98.
- RAM. N and VERLOO, M. (1985) - Influence of organic materials on the uptake of heavy metals by corn in a polluted Belgian soil. *Pedologie*, XXXV-2:147-153.
- REINDS, G.J.; BRIL, J.; DE VRIES, W.; GROENENBERG, J.E. and BREEUWSMA, A. (1995) - Critical loads and excess loads of cadmium, copper and lead for European

- forest soils. Wageningen (The Netherlands), DLO Winand Staring Centre & Haren (Gr.) DLO Institute for Agrobiological and Soil Fertility Research. Report 96, 92 pp.
- RHOADES, J.D. (1982) - Soluble salts. In: Methods of soils analysis. Part 2 - Chemical and microbiological properties. Second edition. Page, A.L. (Ed.). Madison; Wisconsin, USA. American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc., pp1159.
- RIBEIRO, A.J.B. (1992) - Contribuição para o estudo da contaminação de solos por metais pesados. Caso do cobre num, regossolo psamítico. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Sanitária. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Lisboa.
- RITCHIE, G.S.P. and JARVIS, S.C. (1986) - Effects of inorganic speciation on the interpretation of copper adsorption by soils. *J. Soil Sci.*, 37:205-210.
- RÖMKENS, P. (1998) - Effects of Land Use Changes on Organic Matter Dynamics and Trace Metal Solubility in Soils. Ph.D Thesis, 156 pp.
- RÖMKENS, P. and SALOMONS, W. (1998) - Cd, Cu and Zn solubility in arable land and forest soils: Consequences of land use changes for metal mobility and risk assessment. In "Effects of Land Use Changes on Organic Matter Dynamics and Trace Metal Solubility in Soils". Ph.D Thesis, 14-33.
- RÖMKENS, P.F. and BRIL, J. (1998a) - A thermodynamic modeling approach for the calculation of Cu^{2+} and Ca^{2+} activities in soil solutions: model development and calibration. In prep.
- RÖMKENS, P.F. and BRIL, J. (1998b) - Complexation of copper and calcium with soil-derived dissolved organic carbon. *Environm. Toxic. and Chem.* (in review).
- RÖMKENS, P. and DOLFING, J. (1998) - Effect of Ca on the solubility and molecular size distribution of DOC and Cu binding in soil solution samples. *Environm. Sci. and Tech.*, 32:363-369.
- RÖMKENS, P.; DOLFING, J. and BRIL, J. (1998) Effects of afforestation of arable land and copper solubility and speciation: Model development and application. *Environm. Toxic. and Chem.* (in review).
- RÖMKENS, P.; HOEDERBOOM and DOLFING J. (1998) - Copper solution geochemistry in arable soils: field observations and model application. *J. Environm. Qual.* (in review).
- RÖMKENS, P.F.A.M., VAN DER PLICHT, J. and SALOMONS, W. (1997) - Effect of land use changes on metal solubility and speciation in soils. In: Speciation, and Bioavailability of Heavy Metals, Sulphur, Phosphorus and Cyanide in Soils and Sediments. H. Rogaar and A.H. van de Heuvel Pieper (ed.). The Netherlands Integrated Soil Research Programme Reports.-III.-vol.7. 211pp., 23 app., 67 - 76.

- RÖMKENS, P.F.; BRIL, J. and SALOMONS, W. (1996) - Interaction between Ca^{2+} and dissolved organic carbon: implications for metal mobilisation. *Appl. Geochem.*, 11:109-115.
- SADIQ, M. and LINDSAY, W.L. (1979) - Selection of standard free energies of formation for use in soil chemistry. Colorado State Univ. Expt. Stat. Bulletin 134, Fort Collins, CO.
- SALOMONS, W. (1995) - Long-term Strategies for Handling Contaminated Sites and Large-scale Areas. In "Biogeodynamics of Pollutants in Soils and Sediments. Risk Assessment of Delayed and Non-Linear Responses". Salomons, W. and Stigliani, W.M., (Eds.). Springer. 352 pp.
- SALOMONS, W. (1993) - Time Delayed Responses of Chemicals in Soils. In "Contaminated Soils - Risks and Remedies". Proceedings from Workshop held in Stockholm, October 26-28. Edited by the Ivars Neretnieks, Royal Institute of Technology, Thomas Agren, Kemakta AB. 170 pp.
- SALOMONS, W. and FÖRSTNER, U. (1984) - Metals in the Hydrocycle. Springer-Verlag, Germany, 349 pp.
- SANDERS, J.R. (1980) - The use of adsorption equations to describe copper complexing by humified organic matter. *J. Soil Sci.*, 31:633-641.
- SANDERS, J. R. (1982) - The effect of pH upon the copper and cupric ion concentrations in soil solutions. *J. Soil Sci.*, 33:679-689.
- SCHEIDEGGER, A.M. and SPARKS, D.L. (1996)- A critical assessment of sorption-desorption mechanisms at the soil mineral/ water interface. *Soil Science*, 161, 12:813-831.
- SCHINDLER, P.W. (1991) - The regulation of heavy metal concentrations in natural aquatic systems. In: Heavy Metals in the Environment, vol. 1 of "Trace metals in the Environment". Vernet, J.P. (ed.). Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp.95-123.
- SCHINDLER, P. W. (1984) - Surface Complexation. In: Metal Ions in Biological Systems, Vol.18. Circulation of metals in the environment. Helmut Sigel (ed.), Marcel Dekker, Inc., New York and Basel. Chap. 4:105-135.
- SCHULIN, R.; GEIGER, G. and FURRER, G. (1995) - Heavy Metal Retention by Soil Organic Matter under Changing Environmental Conditions. In "Biogeodynamics of Pollutants in Soils and Sediments. Risk Assessment of Delayed and Non-Linear Responses". Salomons, W. and Stigliani, W.M., (Eds.). Springer. 352 pp.
- SCHULIN, R. GEIGER, G. and FURRER, G. (1992) - Effects of changing soil and sediment environments on the binding capacity of organic matter for contaminants. In: Proceedings of the European State-of-the-Art Conference on Delayed Effects of Chemicals in Soils and Sediments, 53-60.

- SENESE, N. (1992) - 16. Metal-humic substances complexes in the environment. Molecular and mechanistic aspects by multiple spectroscopic approach. Biogeochemistry of Trace Metals. Adriano, D.C. (Ed), Lewis Publishers. pp 429-496.
- SEPÚLVEDA, I.; SANTANA e MATEUS, E. (1998a) - Effect of colloid facilitated transport on pesticide leaching from soil. (submitted to J. Environ. Qual.).
- SEPÚLVEDA, I.; SANTANA e MATEUS, E. (1998b) - Triallate and Chlordane mobility enhancement in soils submitted to pig manure application. (submitted to J. Environ. Qual.)
- SHAVIV, A.; JURY, W.A. and PRATT, P.E. (1986) - Exchange, fixation, and precipitation of cations during leaching of soil amended with manure: 1. Column experiments. Soil Sci., 141(3):237-243.
- SMITS, J.G.C. and DE ROOIJ, N.M. (1995) Mathematical Modeling for Assessment of Soil Pollution, In: " Heavy metals. Problems and Solutions". W. Salomons; U. Forstner and P. Mader (Eds.), Springer. Germany. pp. 412.
- SPAARGAREN, O.C. (Ed.) (1994) - World Reference Base for Soil Resources. Draft. International Society of Soil Science, International Soil Reference and Information Center, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Wageningen/Rome.
- SPARKS, D.L. (1995) - Environmental Soil Chemistry. Academic Press, Inc. USA. 267 pp.
- SPOSITO, G. (1994) - Chemical Equilibria and Kinetics in Soils. Oxford University Press, Inc. 286 pp.
- SPOSITO, G. (1984) - The Surface Chemistry of soils. Oxford University Press, U.S.A., 234 pp.
- SPOSITO, G. (1983) - The Chemical Forms of Trace Metals in soils. In: Applied Environmental Geochemistry. Iain Thornton (ed.), Academic Press Inc. (London) LTD. chap. 5:123-170
- SPOSITO, G. (1981) - The Thermodynamics of Soil Solutions. Oxford Clarendon Press. U.S.A., 223 pp.
- SPOSITO, G. and PAGE, A.L. (1984) - Cycling of metal ions in the soil environment. In: Metal Ions in Biological Systems, Vol.18. Circulation of metals in the environment. Helmut Sigel (ed.), Marcel Dekker, Inc., New York and Basel. Chap. 9:287-332.
- SPOSITO, G. and MATTIGOD, S.V. (1980) - GEOCHEM: A computer program for the calculation of chemical equilibria in soil solutions and other natural water systems. University of California, Department of Soil and Environmental Sciences, Riverside (CA).
- STEVENSON, F.J. (1994) - Humus Chemistry : Genesis, Composition, Reactions (2nd edition). John Wiley & Sons, Inc.
- STEVENSON, F. J. (1976) -Stability constants of Cu^{2+} , Pb^{2+} , and Cd^{2+} complexes with humic acids. Soil Sci. S. Am. J., 40:665-672.

- STEVENSON, F.J.; FITCH, A. and BRAR, M.S. (1993) - Stability constants of Cu (II) - humate complexes: comparison of select models. *Soil Sci.*, 155, 2:77-91
- STIGLIANI, W.M. (1993) - Overview of the Chemical Time Bomb Problem in Europe. In "Chemical Time Bomb". Proc. European State of the Art Conf. on Delayed Effects in Soils and Sediments. Meulen, G.B.R.; Stigliani, W.M.; Salomons, W.; Bridges, E.M. and Imeson, A.C. (Eds). The Netherlands, pp. 13-29.
- STIGLIANI, W.M.; DOELMAN, P.; SALOMONS, W.; SCHULIN, R., TER MEULEN-SMIDT, G.R.B. and VAN DER ZEE, S.E.A.T.M. (1991) - Chemical time bombs - predicting the unpredictable. *Environment*, 33(4):4-9 +26-30.
- STRECK, T. and RICHTER, J. (1997) - Heavy metal displacement in a sandy soil at the field scale: I. measurements and parameterization of sorption. *Journal of Environment Quality*, 26:49 - 56.
- STUMM, W. (1990) - Aquatic Chemical Kinetics. Reactions Rates of Processes in Natural Waters. Werner Stumm (Ed.). Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc. USA. 545 pp.
- STUMM, W. and MORGAN, J.J. (1981)- Aquatic Chemistry. An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters. John Wiley & Sons, (2nd Ed.). 780 pp.
- TACKETT, S. L.; WINTERS, E. R. and PUZ, M. J. (1986) - Leaching of heavy metals from composted sewage sludge as a function of pH. *Canadian J. of Soil Sc.*, 66:763-765.
- TEMMINGHOFF, E.J.M.; SJOERD, E.A.T.M.; VAN DER ZEE and DE HAAN, F.A.M. (1998) - DOC mobility and DOC coagulation in relation to copper mobility in a copper contaminated sandy soil. (submitted).
- TEMMINGHOFF, E.J.M. (1998) - Chemical Speciation of Heavy Metals in Sandy Soils in Relation to Availability and Mobility. Doctoral Thesis, Wageningen Agricultural University. Wageningen, The Netherlands, 183 pp.
- TEMMINGHOFF, E.J.M.; SJOERD, E.A.T.M.; VAN DER ZEE, S. and de HAAN, F.A.M (1997) - Copper mobility in a Copper contaminated sandy soil as affected by pH, solid and dissolved organic matter. *Environ. Sci. Tech.* 31:1109-1115
- TEMMINGHOFF, E.J.M.; VAN DER ZEE, S. and KEIZER, M.G. (1994) - The influence of pH on the desorption and speciation of copper in a sandy soil. *Soil Science*, 158, 6:398-408.
- TIPPING, E. (1981) - The adsorption of aquatic humic substances by iron oxides. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 45:191-199.
- TURNER, D.R. (1984) - Relationships between biological availability and chemical measurements. In: *Metal Ions in Biological Systems*, Vol. 18-Circulation of metals in the environment. Helmut Sigel (ed.), Marcel Dekker, Inc., New York and Basel. Chap. 5:137-163.

- TURNER, D.R.; WHITFIELD, M. and DICKSON, A.G. (1981) - The equilibrium speciation of dissolved components in fresh water and seawater at 25°C and 1 atm. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46:855-882.
- URE, A., QUEVAUVILLER, PH., MUNTAU, H. and GRIEPINK, B. (1993) - Improvements in the determination of extractable contents of trace metals in soil and sediment prior to certification. BCR information, chemical analysis. Commission of the European Communities. Directorate - General XIII. Luxemburg 1993. 86 pp.
- VAN DER ZEE, S. E. A. T. M.; RIEMSDIJK, W. H. VAN and HAAN, F. A. M. (1988) - Transport of heavy metals and phosphate in heterogeneous soils. In: *Contaminated Soil* 88., K. Wolf, W. J. van der Brink, F. J. Colon (eds.), Kluwer Academic Publishers, Volume 1:23-32.
- VAN RIEMSDIJK, W.H. (1997) - The dynamic balance between chemical binding and biological adsorption. In: *Speciation and Bioavailability of Heavy Metals, Sulphur, Phosphorus and Cyanide in Soils and Sediments*. H. Rogaar and A.H. van de Heuvel-Pieper (ed.). The Netherlands Integrated Soil Research Programme Reports. - III. -vol.7. 211pp., 23 pp.:1- 9.
- VAN RIEMSDIJK, W. H. and VAN DER ZEE, S. E. A. T. M. (1989) - Multicomponent transport modelling of enhanced metal leaching using synthetic ligands. *Geoderma*, 44:143-158.
- VRIES, W. de; BAKKER, D.J. (1996) - Manual for calculating critical loads of heavy metals for soils and surface water. Preliminary guidelines for environmental quality criteria calculation methods and input data. DLO Winand Staring Centre, TNO Institute of Environmental Sciences, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, SC report 114. The Netherlands.
- WILLIAMS, D.E.; VLAMIS, J.; PUKITE, A.H. and COREY, J.E. (1987) - Metal movement in sludge-amended soils; a nineyear study. *Soil Sci.* 143:124-131.
- YARON, B.; CALVET, R. and PROST, R. (1996) - *Soil Pollution. Processes and Dynamics*. Springer- Verlag, Germany. 313 pp.
- ZHU, B. e ALVA, A.K. (1993) - Differential adsorption of trace metals by soils as influenced by exchangeable cations and ionic strength. *Soil Sci.* 155(1):61-66

ANEXOS

ANEXO A1

Temperatura média diária (°C) ocorrida durante o período experimental, Estação de Monte-Chãos (Santiago do Cacém)

TEMPERATURA - 1993

Temperatura média anual (°C)

15.5

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1	9.5	11.5	4.7	13.8	14.2	16.8	19.4	19.0	23.0	18.4	16.4	13.4
2	8.5	12.7	7.0	11.3	13.9	16.4	20.1	18.8	21.7	17.4	16.8	13.3
3	7.0	11.7	8.9	12.0	14.2	15.9	22.3	19.1	20.7	16.7	13.8	14.0
4	8.8	10.9	12.5	14.5	13.9	17.0	22.1	23.3	19.3	16.5	13.1	13.4
5	12.2	12.0	12.3	12.8	15.1	16.7	21.8	28.2	19.0	17.5	14.7	13.7
6	11.2	12.0	12.8	14.3	15.8	15.7	19.3	19.7	20.1	17.2	12.9	14.1
7	10.9	12.5	12.1	15.0	15.0	19.0	19.6	18.9	20.1	15.9	12.8	10.5
8	10.6	12.9	12.3	14.5	15.7	18.2	19.7	18.3	20.3	15.2	12.3	10.7
9	11.1	12.9	12.8	16.0	15.5	17.4	19.5	20.6	19.4	17.1	13.3	12.1
10	10.7	13.3	13.4	14.8	16.5	16.8	19.5	22.5	18.5	18.6	14.7	11.8
11	12.3	13.7	13.1	14.2	15.7	16.4	18.4	20.3	19.0	18.0	14.3	13.0
12	13.4	12.6	12.7	13.1	15.6	16.7	19.3	19.9	18.5	17.3	13.3	13.5
13	13.9	13.2	13.0	12.9	15.2	20.4	21.7	18.2	17.9	15.9	13.9	12.2
14	11.9	13.0	13.1	11.7	15.7	24.8	21.2	19.6	17.3	15.3	15.6	10.7
15	12.5	13.9	13.4	13.4	15.9	23.3	21.7	18.1	19.0	15.9	17.1	10.0
16	12.1	12.7	16.1	13.0	15.7	22.8	19.9	18.8	18.0	16.1	15.4	11.8
17	12.3	12.1	16.5	15.5	16.8	20.8	19.7	20.4	19.4	16.5	15.0	13.5
18	12.2	12.6	17.2	14.8	15.1	21.1	19.3	21.2	17.6	15.1	12.3	13.2
19	11.2	13.2	15.6	16.8	13.6	21.0	19.5	22.4	17.3	16.1	12.5	13.1
20	11.0	14.0	15.7	15.5	13.5	19.9	19.4	21.5	20.5	17.0	12.1	12.6
21	12.3	13.2	14.0	13.3	13.9	17.9	21.6	22.0	17.9	16.2	12.0	12.8
22	12.4	13.3	15.9	13.3	15.3	18.5	23.2	21.5	17.9	14.0	11.1	9.5
23	11.9	11.7	16.3	13.5	16.7	18.8	27.8	20.4	17.8	14.8	12.3	7.9
24	12.1	10.7	14.5	12.2	14.3	18.9	20.8	19.6	17.4	14.3	11.4	9.3
25	10.9	11.7	13.4	11.2	15.1	19.3	20.3	18.7	17.5	14.3	10.8	13.2
26	10.2	12.4	13.7	13.2	14.9	19.6	18.7	18.7	16.2	13.0	11.5	13.1
27	11.7	12.4	14.6	12.7	16.3	19.2	23.2	18.2	16.4	11.8	12.6	13.5
28	12.3	9.3	12.0	12.7	15.2	19.3	23.9	18.7	15.5	13.6	13.9	13.1
29	10.0		12.4	12.9	16.3	20.1	19.8	23.3	17.2	16.9	16.0	13.9
30	10.2		13.1	14.3	16.5	19.4	20.3	21.9	15.3	15.1	13.4	12.5
31	11.2		12.7		15.9		19.0	22.1		16.1		12.6
MEDIA	11.2	12.4	13.2	13.6	15.3	18.9	20.7	20.4	18.5	15.9	13.6	12.3

Temperatura média mensal (°C) ocorrida durante um período de 30 anos na Estação de Monte-Chãos (Santiago do Cacém)

TEMPERATURA MEDIA MENSAL (30 Anos)

Temperatura média anual (°C)

15.8

Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
T (°C)	10.2	11	12.8	14.6	16.4	19.4	20.9	21.2	20.3	18	13.8	10.8

ANEXO A1 - Temperatura Média Diária

ANEXO A1 (Continuação)

Temperatura média diária (°C) ocorrida durante o período experimental, Estação de Monte-Chãos (Santiago do Cacém)

TEMPERATURA - 1994

Temperatura média anual (°C)

16.0

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1	13.2	13.6	12.1	13.4	21.1	17.3	18.4	18.5	18.8	17.7	16.5	17.1
2	13.8	12.6	11.7	12.6	20.5	17.4	17.8	19.4	19.3	16.6	17.0	14.3
3	14.3	12.8	13.0	11.9	22.8	17.1	18.5	20.5	20.4	16.0	14.5	15.2
4	12.4	9.2	13.8	13.9	17.7	17.0	20.8	20.2	19.8	17.9	13.4	15.1
5	11.9	5.9	15.8	13.3	15.5	19.0	19.2	20.1	21.9	19.4	13.7	16.0
6	10.0	8.0	11.7	13.0	17.1	20.5	18.5	18.9	21.4	20.6	14.8	16.3
7	10.3	11.4	16.0	13.8	15.6	17.7	18.6	18.6	19.4	20.5	16.5	16.3
8	11.7	9.8	15.8	11.9	15.3	19.8	19.3	20.1	18.5	21.4	16.6	14.1
9	11.7	8.8	16.3	13.0	15.8	24.8	18.4	20.3	18.4	21.0	17.6	15.1
10	12.2	11.9	14.1	14.4	15.1	26.8	19.1	20.6	20.4	20.0	17.3	15.9
11	12.5	11.7	13.3	13.1	14.3	21.6	19.8	20.3	19.2	20.1	17.9	15.1
12	14.8	10.9	12.5	15.2	14.3	23.3	19.4	19.6	20.4	20.1	17.2	14.3
13	13.7	12.4	12.8	16.3	13.3	17.6	18.9	19.2	17.6	18.4	14.1	14.7
14	12.5	12.4	13.8	16.6	14.9	19.5	18.5	19.4	18.2	18.5	15.8	14.3
15	10.6	10.2	17.5	15.0	15.5	19.0	21.5	19.9		19.2	17.0	14.2
16	9.4	12.3	15.5	12.2	14.1	18.5	20.0	19.5	16.7	17.9	16.4	14.4
17	8.4	9.4	15.3	10.8	14.6	19.2	19.9	19.0	17.6	17.5	14.3	12.2
18	5.9	11.6	12.8	12.0	14.9	19.6	20.1	19.9	21.4	17.1	13.7	12.8
19	5.3	11.6	12.1	11.0	15.7	19.1	20.3	20.5	21.9	17.2	13.7	11.2
20	6.9	12.2	11.9	12.6	14.8	18.9	17.6	19.4	20.6	17.1		10.1
21	7.3	13.0	13.6	12.9	16.4	20.5	17.9	20.6	16.9	17.5		10.6
22	9.4	13.8	13.9	14.3	16.0	22.7	18.6	19.7	15.9	18.5	15.3	12.2
23	9.0	12.9	14.6	19.2	16.1	21.4	19.5	20.8	15.6	17.5	16.6	10.3
24	9.6	13.0	18.6	13.9	14.0	19.1	19.1	18.8	16.9	16.7	17.1	
25	10.2	13.2	21.2	12.6	15.7	18.2	18.9	20.2	16.8	17.5	16.2	
26	11.8	14.6	17.0	13.0	15.7	17.6	19.1	23.0	17.5	18.2		7.6
27	13.1	13.0	13.6	14.9	15.3	19.2	20.0	22.0	17.0	14.4		10.0
28	12.1	12.9	14.2	19.8	15.8	19.5	19.1	20.4	19.9	15.0	12.8	12.9
29	13.9		14.0	21.2	17.2	19.8	19.0	19.4	18.9	14.2	14.6	14.0
30	13.5		14.8	20.6	16.8	19.4	18.9	19.9	18.0	17.1	16.0	16.1
31	13.5		14.6		16.1		19.1	20.5		17.5		
MEDIA	11.1	11.6	14.4	14.3	16.1	19.7	19.2	20.0	18.8	18.0	15.6	13.7

Temperatura média mensal (°C) ocorrida durante um período de 30 anos na Estação de Monte-Chãos (Santiago do Cacém)

TEMPERATURA MEDIA MENSAL (30 Anos)

Temperatura média anual (°C)

15.8

Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
T (°C)	10.2	11	12.8	14.6	16.4	19.4	20.9	21.2	20.3	18	13.8	10.8

ANEXO A2

Precipitação diária (mm) ocorrida durante o período experimental, Estação de Monte-Chãos (Santiago do Cacém)

PRECIPITAÇÃO - 1993

Precipitação total anual (mm)

601.7

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.5	3.4
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.0	0.0
3	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.2	0.0
4	0.0	0.0	7.6	0.3	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0
5	0.0	0.0	0.8	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	3.2	0.0
6	0.0	0.0	2.6	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	3.6	1.4
7	0.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	6.3	12.1	0.6
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	10.0	5.2	0.0
9	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	12.5	1.5	0.0
10	0.0	13.6	0.0	0.7	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
11	0.0	5.1	8.8	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	12.6	0.0	0.0
12	0.0	2.4	0.0	2.5	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0
13	0.0	0.2	26.9	4.5	13.0	0.0	0.0	0.0	3.3	18.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	4.2	4.4	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	2.5
15	0.0	0.0	1.0	2.0	0.1	0.0	0.0	0.0	4.0	4.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.3	0.0	0.2
17	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.3	6.4	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	11.8	0.0	0.0	0.0	14.6	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0
21	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.8
23	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6	0.0
24	0.0	0.0	0.0	1.6	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	12.1	14.7	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	2.1	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	15.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
28	0.0	0.0	0.0	16.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3
29	12.1		0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.9
30	5.1		0.0	11.1	0.9	0.0	0.0	0.0	2.8	10.9	2.5	0.4
31	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0		2.0		0.1
TOTAL	17.2	42.5	54.7	64.5	92.4	12.3	0.0	0.1	32.1	130.8	143.7	11.4

Precipitação média mensal (°C) ocorrida durante um período de 30 anos na Estação de Monte-Chãos (Santiago do Cacém)

PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL (30 Anos)

Precipitação total anual (mm)

765.0

Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
P (mm)	121	104	111	57	43	15	3	4	24	67	107	109

ANEXO A2 (Continuação)

Precipitação diária (mm) ocorrida durante o período experimental, Estação de Monte-Chãos (Santiago do Cacém)

PRECIPITAÇÃO - 1994

Precipitação total anual (mm)

397.9

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1	0.6	0.0	8.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8
3	0.3	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.7	2.9
4	11.6	25.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0
5	0.9	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	5.9	0.4
6	17.2	1.0	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.7	0.0	1.5
7	12.6	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	7.8	12.0
8	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.2
9	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.1
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.7	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0
12	4.6	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.8	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	4.4	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
15	0.0	1.0	0.0	0.0	3.9	0.0	5.8	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0
16	1.6	14.0	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
17	4.3	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
18	0.0	5.3	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	0.0	0.6
20	0.0	5.9	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.9	0.0	0.1	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
23	0.0	10.8	0.0	12.0	7.2	0.0	0.0	0.1	0.0	4.3	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	8.3	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0
28	0.0	15.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0
29	0.0		4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0		2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	3.2
31	0.0		0.0		0.0		0.1	0.0		0.0		0.1
TOTAL	57.5	103.3	22.7	21.8	52.6	0.2	5.9	0.7	0.0	53.4	51.7	28.1

Precipitação média mensal (°C) ocorrida durante um período de 30 anos na Estação de Monte-Chãos (Santiago do Cacém)

PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL (30 Anos)

Precipitação total anual (mm)

765.0

Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
P (mm)	121	104	111	57	43	15	3	4	24	67	107	109

ANEXO A3

CLASSIFICAÇÃO RACIONAL DE THORNTHWAIT E MATTER

ESTAÇÃO MONTE-CHÃOS (SANTIAGO DO CACÉM)

LATITUDE 38° 01' N

LONGITUDE 8° 42' W

ALTITUDE 228 m

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
TEMPERATURA DO AR	10.2	11.0	12.8	14.6	16.4	19.4	20.9	21.2	20.3	18.0	13.8	10.8	15.8
BALANÇO HÍDRICO (Capacidade utilizável - 100 mm)													
EVAPOTRANSPIR. POTENCIAL (ETp)	25	28	43	57	77	101	115	110	92	70	40	27	785
PRECIPITAÇÃO (P)	121	104	111	57	43	15	3	4	24	67	107	109	765
(P-ETp)	96	76	68	0	-34	-86	-112	-106	-68	-3	67	82	
PERDA POTENCIAL DE ÁGUA (L)	—	—	—	—	-34	-120	-232	-338	-406	-409	—	—	
ARMAZENAMENTO DE ÁGUA ÚTIL (Sso)	100	100	100	100	71	30	10	3	2	2	69	100	
VARIAÇÃO ARM. DE ÁGUA ÚTIL (ΔS_{so})	0	0	0	0	-29	-41	-20	-7	-1	0	67	31	
EVAPOTRANSPIR. EFECTIVA (ETe)	25	28	43	57	72	56	23	11	25	67	40	27	474
DEFICIÊNCIA DE ÁGUA (DH)	0	0	0	0	5	45	92	99	67	3	0	0	311
EXCESSO DE ÁGUA (SH)	96	76	68	0	0	0	0	0	0	0	0	51	291
ESCOAMENTO	61	68	68	34	17	8	4	2	2	1	0	26	291

ÍNDICE DE ARIDEZ (I_a) = $(100 \times DH) / \text{necessidade de água} = 39.6\%$

ÍNDICE DE HUMIDADE (I_u) = $(100 \times SH) / \text{necessidade de água} = 37.1\%$

ÍNDICE HÍDRICO (I_h) = $I_u - 0,6 I_a = 13.3\%$

EFICÁCIA TÉRMICA NO VERÃO = 41.5%

FÓRMULA CLIMÁTICA : $C_2 B'_2 S_2 a'$

CLASSIFICAÇÃO : sub húmido chuvoso, megatérmico com grande deficiência de água no verão e pequena concentração da eficiência térmica na estação quente.

ANEXO A4

Caracterização química do Efluente aplicado no 1º ano e no 2º ano (Talhões II e III)

Parâmetros	Efluente (valores médios)				Taxas de Aplicação/m²			
	Efluente (valores médios)		Taxas de Aplicação/m²		Efluente (valores médios)		Taxas de Aplicação/m²	
	Bruto	Filtrado	Talhão II	Talhão III	Bruto	Filtrado	Talhão II	Talhão III
Matéria seca %	0.910				0.910			
pH	8.000				7.737	8.273		
Potencial redox	-309.100				-182.550	90.500		
Temperatura °C	27.000				19.500	19.500		
Condutividade µS.cm-1	19500.000				10650.000	14675.000		
Cloratos mg/L		851.813	11073.6	22147.1				
Sulfatos mg/L		11.394	148.1	296.2				
Ortofosfatos P, mg/L		59.700	776.1	1552.2				
Fósforo total P, mg/L	96.300	36.300	1277.9	2555.8	2947.000	113.235	38311.0	76622.0
Azoto Total N, mg/L	1448.000	1176.000	18824.0	37648.0	3779.000	1132.050	49127.0	98254.0
Azoto amoniacal, mg/L	1236.000	1031.500	16068.0	32136.0	1844.200	945.650	23974.6	47949.2
Nitratos N, mg/L		5.143	66.9	133.7				
Carbono orgânico total, mg/L		571.608	7430.9	14861.8				
Carência química de oxigênio, mg/L	19200.000	3053.000	249600.0	499200.0	28870.000	5227.000	375310.0	750620.0
Sólidos totais, mg/L	11016.000	7216.000	143208.0	286416.0	98880.000	5985.000	1285440.0	2570880.0
Sólidos totais voláteis, mg/L	3696.000	2720.000	51948.0	103896.0	27560.500	2290.000	358266.5	716573.0
Sólidos em suspensão, mg/L	2600.000	396.000	33800.0	67600.0	90250.000	715.000	1173250.0	2346500.0
Sólidos em suspensão voláteis, mg/L	1550.000	272.000	20150.0	40300.0	25904.500	315.000	336758.5	673517.0
Cálcio, mg/L	650.000	235.000	12350.0	24700.0	3500.000	17.500	45500.0	91000.0
Magnésio, mg/L	182.000	50.500	2366.0	4732.0	255.000	20.500	3315.0	6630.0
Ferro, mg/L	10.000	3.450	130.0	260.0	152.500	19.000	1982.5	3965.0
Sódio, mg/L	800.000	1065.000	10400.0	20800.0	925.000	412.500	12025.0	24050.0
Potássio, mg/L	2825.000	635.000	34125.0	68250.0	600.000	225.000	7800.0	15600.0
Cobre, mg/L	0.600	0.225	7.8	15.6	65.000	0.650	845.0	1690.0
Zinco, mg/L	2.500	0.595	32.5	65.0	71.000	0.900	923.0	1846.0
Alumínio, mg/L	30.000	40.000	390.0	780.0				
Manganês, mg/L	0.130		1.7	3.4	33.750	0.025	438.8	877.5

Quantidade de efluente aplicado: Talhão II - 13L m²; Talhão III - 26L m²

ANEXO A5

Definição do Sistema - Ficheiro Input (CUSYSTEM.INP)

MAKE A RESPONSE FILE

COMPONENTS DEFINITION WITH NUMBER OF MOLES

H+	55511.00000
OH-	55510.00000
CA++	1.0500000
MG++	0.5000000
AL+++	0.1500000
FE+++	0.1000000
NA+	0.5940000
K+	0.2000000
NH4+	0.2000000
CU++	0.0010000
ZN+	0.0020000
CL-	2.1000000
NO3-	1.0000000
SO4--	1.0000000
CO3--	0.1100000
PO4---	0.0100000
HUM--	0.2000000
CEC	0.1000000
IG	0.5000000

END

SPECIES MATRIX

WATER

H+	.00	1.0 H+		
OH-	.00	1.0 OH-		
H2O	-40.269	1.0 H+	1.0 OH-	
NA+	.00	1.0 NA+		
K+	.00	1.0 K+		
NH4+	.00	1.0 NH4+		
NH3	25.33	1.0 NH4+	-1.0 H+	
CL-	.00	1.0 CL-		
NO3-	.00	1.0 NO3-		
SO4--	.00	1.0 SO4--		
PO4---	.00	1.0 PO4---		
HPO4--	-32.46	1.0 PO4---	1.0 H+	
H2PO4-	-53.30	1.0 PO4---	2.0 H+	
H3PO4	-62.15	1.0 PO4---	3.0 H+	
HUM--	.00	1.0 HUM--		
HHUM-	-25.89	1.0 HUM--	1.0 H+	
H2HUM	-39.12	1.0 HUM--	2.0 H+	
CO3--	.00	1.0 CO3--		
HCO3-	-27.80	1.0 CO3--	1.0 H+	
CO2	-6.17	1.0 CO3--	1.0 H+	-1.0 OH-
CA++	.00	1.0 CA++		
CAHPO4	-42.78	1.0 CA++	1.0 PO4---	1.0 H+
CAPO4	-18.89	1.0 CA++	1.0 PO4---	
CACO3	-11.27	1.0 CA++	1.0 CO3--	
CAHCO3	-34.42	1.0 CA++	1.0 H+	1.0 CO3--
CAHHUM	-38.19	1.0 CA++	1.0 H+	1.0 HUM--
CAHUM	-18.06	1.0 CA++	1.0 HUM--	
MG++	.00	1.0 MG++		
MGCO3	-11.48	1.0 MG++	1.0 CO3--	
MGHCO3	-34.28	1.0 MG++	1.0 H+	1.0 CO3--
MGHHUM	-34.97	1.0 MG++	1.0 H+	1.0 HUM--

MGHPO4	-43.17	1.0 MG++	1.0 PO4---	1.0 H+
MGPO4	-15.18	1.0 MG++	1.0 PO4---	
CU++	.00	1.0 CU++		
CUOH+	-18.55	1.0 CU++	1.0 OH-	
CUOH2	-40.82	1.0 CU++	2.0 OH-	
CUHPO4	-43.89	1.0 CU++	1.0 PO4---	1.0 H+
CUPO4	-26.58	1.0 CU++	1.0 PO4---	
CUCO3	-19.51	1.0 CU++	1.0 CO3--	
CUHCO3	-36.68	1.0 CU++	1.0 H+	1.0 CO3--
CUHHUM	-42.57	1.0 CU++	1.0 H+	1.0 HUM--
CUHUM	-28.65	1.0 CU++	1.0 HUM--	
ZN++	.00	1.0 ZN++		
ZNOH+	-18.57	1.0 ZN++	1.0 OH-	
ZNOH2	-33.84	1.0 ZN++	2.0 OH-	
ZNHPO4	-44.13	1.0 ZN++	1.0 PO4---	1.0 H+
ZNPO4	-22.44	1.0 ZN++	1.0 PO4---	
ZNCO3	-16.22	1.0 ZN++	1.0 CO3--	
ZNHCO3	-36.63	1.0 ZN++	1.0 H+	1.0 CO3--
ZNHHUM	-39.12	1.0 ZN++	1.0 H+	1.0 HUM--
ZNHUM	-18.98	1.0 ZN++	1.0 HUM--	
AL+++	.00	1.0 AL+++		
ALOH++	-24.69	1.0 AL+++	1.0 OH-	
ALOH2+	-51.08	1.0 AL+++	2.0 OH-	
ALOH3	-74.21	1.0 AL+++	3.0 OH-	
ALOH4-	-91.25	1.0 AL+++	4.0 OH-	
ALHPO4	-52.98	1.0 AL+++	1.0 PO4---	1.0 H+
ALPO4	-21.98	1.0 AL+++	1.0 PO4---	
ALHUM	-30.27	1.0 AL+++	1.0 HUM--	
ALCOH	-79.74	1.0 AL+++	1.0 HUM--	2.0 OH-
FE+++	.00	1.0 FE+++		
FEOH++	-30.58	1.0 FE+++	1.0 OH-	
FEOH2+	-56.00	1.0 FE+++	2.0 OH-	
FEOH3	-81.10	1.0 FE+++	3.0 OH-	
FEOH4-	-94.59	1.0 FE+++	4.0 OH-	
FEPO4	-32.11	1.0 FE+++	1.0 PO4---	
FEHPO4	-59.38	1.0 FE+++	1.0 PO4---	1.0 H+
FEHUM	-39.00	1.0 FE+++	1.0 HUM--	
FECOH2	-91.50	1.0 FE+++	1.0 HUM--	2.0 OH-
EXCHAN				
HCEC	-10.0	1.0 H+	1.0 CEC	
NACEC	-1.0	1.0 NA+	1.0 CEC	
NH4CEC	-2.75	1.0 NH4+	1.0 CEC	
KCEC	-3.75	1.0 K+	1.0 CEC	
MGCEC	0.5	0.5 MG++	1.0 CEC	
CACEC	0.0	0.5 CA++	1.0 CEC	
CUCEC	-22.0	0.6 CU++	1.0 CEC	0.6 OH-
ZNCEC	-17.0	0.7 ZN++	1.0 CEC	0.4 OH-
CAHUMS				
H2HUMS	-52.0	2.0 H+	1.0 HUM--	
CAHUMS	-91.0	1.0 CA++	2.0 H+	2.0 HUM--
ALHUMS				
ALOHHU	-74.5	1.0 AL+++	1.0 HUM--	1.0 OH-
FEOHHU	-85.0	1.0 FE+++	1.0 HUM--	1.0 OH-
GAS				
IG	0.0	1.0 IG		
CO2G	-13.6	1.0 CO3--	-1.0 OH-	1.0 H+
NH3G	25.37	1.0 NH4+	-1.0 H+	
FEHYDR				
FEOH3S	-105.6	1.0 FE+++	3.0 OH-	
ALHYDR				
ALOH3S	-93.5	1.0 AL+++	3.0 OH-	

```

VARISC
  ALPO4S  -61.0      1.0 AL+++  1.0 PO4---
STRENG
  FEPO4S  -70.5      1.0 FE+++  1.0 PO4---
PHSTAT
  AH+      0.0        1.0 H+
END
ACTIVITY CORRECTION PARAMETERS
WATER
  H+       1.0000      9.0000    .0000
  OH-      1.0000      3.5000    .0000
  H2O      0.0000      0.0000    .0000
  CO3--    4.0000      5.5000    .0000
  HCO3-    1.0000      4.1000    .0000
  CO2      0.0000      0.0000    .0000
  NH3      0.0000      0.0000    .0000
  NH4+     1.0000      3.0000    .0000
  NO3-     1.0000      3.0000    .0000
  CL-      1.0000      3.0000    .0000
  K+       1.0000      3.0000    .0000
  CA++     4.0000      6.0000    .0000
  CAHCO3   1.0000      5.0000    .0000
  CACO3    0.0000      4.0000    .0000
  NA+      1.0000      4.0000    .0000
  SO4--    4.0000      4.0000    .0000
  PO4---   9.0000      4.0000    .0000
  HPO4--   4.0000      4.0000    .0000
  H2PO4-   1.0000      4.0000    .0000
  H3PO4     0.0000      4.0000    .0000
  HUM--    4.0000      4.0000    .0000
  HHUM-    1.0000      4.0000    .0000
  H2HUM    0.0000      4.0000    .0000
  CAHPO4   0.0000      4.0000    .0000
  CAPO4    1.0000      4.0000    .0000
  CAHHUM   1.0000      4.0000    .0000
  CAHUM    0.0000      4.0000    .0000
  MG++     4.0000      8.0000    .0000
  MGCO3    0.0000      4.0000    .0000
  MGHCO3   1.0000      4.0000    .0000
  MGHUM    1.0000      4.0000    .0000
  MGHPO4   0.0000      4.0000    .0000
  MGPO4    1.0000      4.0000    .0000
  CU++     4.0000      6.0000    .0000
  CUOH+    1.0000      4.0000    .0000
  CUOH2    0.0000      4.0000    .0000
  CUHPO4   0.0000      4.0000    .0000
  CUPO4    1.0000      4.0000    .0000
  CUCO3    0.0000      4.0000    .0000
  CUHCO3   1.0000      4.0000    .0000
  CUHHUM   1.0000      4.0000    .0000
  CUHUM    0.0000      4.0000    .0000
  ZN++     4.0000      6.0000    .0000
  ZNOH+    1.0000      4.0000    .0000
  ZNOH2    0.0000      4.0000    .0000
  ZNHPO4   0.0000      4.0000    .0000
  ZNPO4    1.0000      4.0000    .0000
  ZNCO3    0.0000      4.0000    .0000
  ZNHCO3   1.0000      4.0000    .0000
  ZNHHUM   1.0000      4.0000    .0000
  ZNHUM    0.0000      4.0000    .0000
  AL+++    9.0000      7.0000    .0000

```

ALOH++	4.0000	5.0000	.0000
ALOH2+	1.0000	4.0000	.0000
ALOH3	0.0000	4.0000	.0000
ALOH4-	1.0000	4.0000	.0000
ALHPO4	1.0000	4.0000	.0000
ALPO4	0.0000	4.0000	.0000
ALHUM	1.0000	4.0000	.0000
ALCOH	1.0000	4.0000	.0000
FE+++	9.0000	7.0000	.0000
FEOH++	4.0000	5.0000	.0000
FEOH2+	1.0000	4.0000	.0000
FEOH3	0.0000	4.0000	.0000
FEOH4-	1.0000	4.0000	.0000
FEPO4	0.0000	4.0000	.0000
FEHPO4	1.0000	4.0000	.0000
FEHUM	1.0000	4.0000	.0000
FECOH2	1.0000	4.0000	.0000

END
ITERATION LIMIT
200
TEMPERATURE
25.0
CALCULATE EQUILIBRIUM
EXPERT
PRODUCE OUTPUT
START TIMEDEPENDENT CALCULATION
EXIT

ANEXO A6

Definição do sistema - ΔG_f^0 e parâmetros-C

Espécie	ΔG_f^0 (Kcal mole ⁻¹)	Ref.	Parâmetro-C	Estequiometria (componentes)		
• <u>Espécies Dissolvidas</u>						
H ⁺	0.00	1	0.00	1 H ⁺		
OH ⁻	-37.59	1	0.00	1 OH ⁻	1 OH ⁻	
H ₂ O	-56.69	1	-40.26	1 H ⁺		
Na ⁺	-62.59	1	0.00	1 Na ⁺		
K ⁺	-67.51	1	0.00	1 K ⁺		
NH ₄ ⁺	-18.99	1	0.00	1 NH ₄ ⁺	-1 H ⁺	
NH ₃	-6.33	1	25.33	1 NH ₄ ⁺		
Cl ⁻	-31.37	1	0.00	1 Cl ⁻		
NO ₃ ⁻	-26.64	5	0.00	1 NO ₃ ⁻		
SO ₄ ²⁻	-177.95	5	0.00	1 SO ₄ ²⁻		
PO ₄ ³⁻	-245.18	1	0.00	1 PO ₄ ³⁻	1 H ⁺	
HPO ₄ ²⁻	-262.03	1	-32.46	1 PO ₄ ³⁻	2 H ⁺	
H ₂ PO ₄ ⁻	-271.85	1	-53.30	1 PO ₄ ³⁻	3 H ⁺	
H ₃ PO ₄	-274.78	5	-62.15	1 PO ₄ ³⁻		
HUM ²⁻	0.00	4	0.00	1 HUM ²⁻	1 H ⁺	
HHUM ⁻			-25.89	1 HUM ²⁻	2 H ⁺	
H ₂ HUM			-39.12	1 HUM ²⁻		
CO ₃ ²⁻	-126.18	1	0.00	1 CO ₃ ²⁻	1 H ⁺	
HCO ₃ ⁻	-140.27	1	-27.80	1 CO ₃ ²⁻	1 H ⁺	-1 OH ⁻
CO ₂	-92.26	1	-6.17	1 CO ₃ ²⁻		
Ca ²⁺	-132.54	1	0.00	1 Ca ²⁺	1 PO ₄ ³⁻	1 H ⁺
CaHPO ₄	-398.29	1	-42.78	1 Ca ²⁺	1 PO ₄ ³⁻	
CaPO ₄	-386.53	2	-18.89	1 Ca ²⁺	1 CO ₃ ²⁻	
CaCO ₃	-263.00	1	-11.27	1 Ca ²⁺	1 H ⁺	1 CO ₃ ²⁻
CaHCO ₃	-274.33	1	-34.42	1 Ca ²⁺	1 H ⁺	1 HUM ²⁻
CaHHUM			-38.19	1 Ca ²⁺	1 HUM ²⁻	
CaHUM			-18.06	1 Ca ²⁺		

Espécie	ΔG_f^0 (Kcal mole ⁻¹)	Ref.	Parâmetro-C	Estequiometria (componentes)		
Mg ²⁺	-109.01	1	0.00	1 Mg ²⁺		
MgCO ₃	-239.61	1	-11.48	1 Mg ²⁺	1 CO ₃ ²⁻	
MgHCO ₃	-250.74	1	-34.28	1 Mg ²⁺	1 H ⁺	1 CO ₃ ²⁻
MgHHUM			-34.97	1 Mg ²⁺	1 H ⁺	1 HUM ²⁻
MgHPO ₄	-375.01	1	-43.17	1 Mg ²⁺	1 PO ₄ ³⁻	1 H ⁺
MgPO ₄	-360.81	2	-15.18	1 Mg ²⁺	1 PO ₄ ³⁻	
Cu ²⁺	15.67	5	0.00	1 Cu ²⁺		
CuOH ⁺	-30.52	5	-18.55	1 Cu ²⁺	1 OH ⁻	
CuOH ₂	-78.91	5	-40.82	1 Cu ²⁺	2 OH ⁻	
CuHPO ₄	-250.72	5	-43.89	1 Cu ²⁺	1 PO ₄ ³⁻	1 H ⁺
CuPO ₄		4	-26.58	1 Cu ²⁺	1 PO ₄ ³⁻	
CuCO ₃	-119.69	5	-19.51	1 Cu ²⁺	1 CO ₃ ²⁻	
CuHCO ₃	-127.46	5	-36.68	1 Cu ²⁺	1 H ⁺	1 CO ₃ ²⁻
CuHHUM			-42.57	1 Cu ²⁺	1 H ⁺	1 HUM ²⁻
CuHUM			-28.65	1 Cu ²⁺	1 HUM ²⁻	
Zn ²⁺	-35.186	5	0.00	1 Zn ²⁺		
ZnOH ⁺	-81.39	5	-18.57	1 Zn ²⁺	1 OH ⁻	
ZnOH ₂	-125.64	5	-33.84	1 Zn ²⁺	2 OH ⁻	
ZnHPO ₄			-44.13	1 Zn ²⁺	1 PO ₄ ³⁻	1 H ⁺
ZnPO ₄		4	-22.44	1 Zn ²⁺	1 PO ₄ ³⁻	
ZnCO ₃	-175.34	5	-16.22	1 Zn ²⁺	1 CO ₃ ²⁻	
ZnHCO ₃		4	-36.63	1 Zn ²⁺	1 H ⁺	1 CO ₃ ²⁻
ZnHHUM			-39.12	1 Zn ²⁺	1 H ⁺	1 HUM ²⁻
ZnHUM			-18.98	1 Zn ²⁺	1 HUM ²⁻	
Al ³⁺	-117.333	1	0.00	1 Al ³⁺		
AlOH ²⁺	-167.17	1	-24.69	1 Al ³⁺	1 OH ⁻	
AlOH ₂ ⁺	-218.02	1	-51.08	1 Al ³⁺	2 OH ⁻	
AlOH ₃	-266.94	1	-74.21	1 Al ³⁺	3 OH ⁻	
AlHPO ₄	-389.14	4	-52.98	1 Al ³⁺	1 PO ₄ ³⁻	1 H ⁺
AlPO ₄	-373.15	4	-21.98	1 Al ³⁺	1 PO ₄ ³⁻	

Espécie	ΔG_f^0 (Kcal mole ⁻¹)	Ref.	Parâmetro-C	Estequiometria (componentes)		
AlHUM	-30.27		-30.27	1 Al ³⁺	1 HUM ²⁻	
AlCOH ₂			-79.74	1 Al ³⁺	1 HUM ²⁻	2 OH ⁻
Fe ³⁺	-4.02	1	0.00	1 Fe ³⁺		
FeOH ²⁺	-57.72	1	-30.58	1 Fe ³⁺	1 OH ⁻	
FeOH ₂ ⁺	-109.63	1	-56.00	1 Fe ³⁺	2 OH ⁻	
FeOH ₃	-156.22	1	-81.10	1 Fe ³⁺	3 OH ⁻	
FeHPO ₄	-280.93	1	-94.59	1 Fe ³⁺	1 PO ₄ ³⁻	1 H ⁺
FePO ₄	-265.84	3	-32.11	1 Fe ³⁺	1 PO ₄ ³⁻	
FeHUM			-39.00	1 Fe ³⁺	1 HUM ²⁻	
FeCOH ₂			-91.50	1 Fe ³⁺	1 HUM ²⁻	2 OH ⁻
• <u>Fase de Troca</u>						
HCEC			-10.00	1 H ⁺	1 CEC	
NaCEC			-1.00	1 Na ⁺	1 CEC	
NH ₄ CEC			-2.75	1 NH ₄ ⁺	1 CEC	
KCEC			-3.75	1 K ⁺	1 CEC	
MgCEC			0.50	1 Mg ²⁺	1 CEC	
CaCEC			0.00	0.5 Ca ²⁺	1 CEC	
CuCEC			-22.00	0.6 Cu ²⁺	1 CEC	0.6 OH ⁻
ZnCEC			-17.00	0.7 Zn ²⁺	1 CEC	0.4 OH ⁻
• <u>Complexação</u>						
H ₂ HUMS			-52.00	2 H ⁺	1 HUM	
CaHUMS			-91.00	1 Ca ²⁺	2 H ⁺	2 HUM
AlOHHU			-74.50	1 Al ³⁺	1 HUM	1 OH ⁻
FeOHHU			-85.00	1 Fe ³⁺	1 HUM	1 OH ⁻
• <u>Fase Gasosa</u>						
IG			0.00	1 IG		
Co ₂ G			-13.60	1 CO ₃ ²⁻	1 OH ⁻	1 H ⁺
NH ₃ G			25.37	1 NH ₄ ⁺	1 H ⁺	

Espécie	ΔG_f^0 (Kcal mole ⁻¹)	Ref.	Parâmetro-C	Estequiometria (componentes)	
• <u>Fase Sólida</u>					
FeOH ₃ S (amorfo)	-169.25	4	-105.60	1 Fe ³⁺	3 OH ⁻
AlOH ₃ S (gibbsite)	-276.43	4	-93.50	1 Al ³⁺	3 OH ⁻
AlPO ₄ S (variscite)	-505.97	4	-61.00	1 Al ³⁺	1 PO ₄ ³⁻
FePO ₄ S (strengite)	-398.59	4	-70.5	1 Fe ³⁺	1 PO ₄ ³⁻
AH ⁺			0.0	1 H ⁺	

1 - SADIQ e LINDSAY, 1979; 2 - TURNER et al., 1981; 3 - SPOSITO e MATTIGOD, 1980; 4 - BRIL e SALOMONS, 1990; 5 - LINDSAY, 1979.

ANEXO A7

Cinética de adsorção do Cobre

Horas	mg L-1	mg g-1	mg L-1		
Tempo	Cu Solução	Cu Adsorvido	Cu final/Cu inicial	% Adsorção	pH final
0.5	2.84	0.0072	0.89	11.25	2.817
	2.80	0.0080	0.88	12.50	2.816
	2.80	0.0080	0.88	12.50	2.811
1	2.83	0.0074	0.88	11.56	2.875
	2.83	0.0074	0.88	11.56	2.854
	2.83	0.0074	0.88	11.56	2.854
2	2.80	0.0080	0.88	12.50	2.871
	2.77	0.0086	0.87	13.44	2.845
	2.73	0.0094	0.85	14.69	2.866
4	2.77	0.0086	0.87	13.44	2.921
	2.77	0.0086	0.87	13.44	2.904
	2.76	0.0088	0.86	13.75	2.896
8	2.70	0.0100	0.84	15.63	2.922
	2.60	0.0120	0.81	18.75	2.909
	2.67	0.0107	0.83	16.72	2.935
16	2.67	0.0106	0.83	16.56	2.946
	2.67	0.0106	0.83	16.56	2.936
	2.68	0.0104	0.84	16.25	2.935
24	2.58	0.0124	0.81	19.38	2.963
	2.63	0.0114	0.82	17.81	2.956
	2.60	0.0120	0.81	18.75	2.934
32	2.57	0.0126	0.80	19.69	2.970
	2.60	0.0120	0.81	18.75	2.974
	2.56	0.0128	0.80	20.00	2.976
48	2.52	0.0136	0.79	21.25	2.993
	2.52	0.0136	0.79	21.25	2.976
	2.54	0.0132	0.79	20.63	2.972
96	2.42	0.0156	0.78	24.38	3.147
	2.43	0.0154	0.78	24.06	3.151
	2.47	0.0146	0.79	22.81	3.151
192	2.43	0.0154	0.76	24.06	3.121
	2.46	0.0148	0.77	23.13	3.135
	2.47	0.0146	0.77	22.81	3.130
336	2.33	0.0174	0.73	27.19	3.186
	2.30	0.0180	0.72	28.13	3.195
	2.30	0.0180	0.72	28.13	3.197

Cobre adicionado - 3.2 ppm (1.89 μ moles)

ANEXO A8.1

Resultados dos Ensaios de Adsorção do Cobre - Valores Médios

Tratamento				mg L-1	mg L-1	mg Kg-1
pH	Cu	pH Inicial medido	pH Equilíbrio	Cu Adicionado	Cu em Solução	Cu Adsorvido
3.5	0.1	3.414	3.732	0.104	0.043	1.213
	0.2	3.510	3.795	0.179	0.078	2.009
	0.4	3.500	3.815	0.363	0.173	3.795
	0.6	3.485	3.753	0.570	0.314	5.120
	0.8	3.527	3.787	0.760	0.458	6.041
	1.0	3.502	3.835	1.024	0.575	8.980
	1.5	3.512	3.792	1.500	1.020	9.607
	3.0	3.515	3.789	3.020	2.130	17.800
	5.0	3.508	3.793	4.920	3.625	25.900
	10.0	3.509	3.791	9.105	7.850	25.100
4.5	0.1	4.537	4.204	0.105	0.020	1.697
	0.2	4.506	4.476	0.161	0.032	2.585
	0.4	4.536	4.381	0.353	0.093	5.209
	0.6	4.491	4.418	0.562	0.203	7.187
	0.8	4.497	4.408	0.750	0.316	8.674
	1.0	4.531	4.456	1.063	0.397	13.330
	1.5	4.498	4.397	1.480	0.704	15.520
	3.0	4.527	4.387	3.000	1.653	26.933
	5.0	4.495	4.497	4.900	3.025	37.500
	10.0	4.528	4.451	9.500	6.500	60.000
5.0	0.1	5.085	4.595	0.099	0.020	1.589
	0.2	5.029	4.564	0.180	0.040	2.812
	0.4	5.058	4.503	0.355	0.090	5.293
	0.6	5.099	4.512	0.549	0.183	7.313
	0.8	5.014	4.499	0.744	0.290	9.080
	1.0	5.045	4.556	1.060	0.369	13.820
	1.5	5.029	4.535	1.460	0.651	16.180
	3.0	5.083	4.497	3.020	1.580	28.800
	5.0	4.994	4.560	5.060	2.960	42.000
	10.0	5.016	4.550	9.000	6.250	55.000

ANEXO A8.1 (Continuação)

Resultados dos Ensaios de Adsorção do Cobre - Valores Médios

Tratamento				mg L-1	mg L-1	mg Kg-1
pH	Cu	pH Inicial medido	pH Equilíbrio	Cu Adicionado	Cu em Solução	Cu Adsorvido
5.5	0.1	5.456	4.602	0.095	0.018	1.540
	0.2	5.479	4.601	0.174	0.038	2.708
	0.4	5.594	4.527	0.349	0.078	5.431
	0.6	5.505	4.506	0.541	0.176	7.303
	0.8	5.502	4.541	0.733	0.262	9.418
	1.0	5.591	4.553	1.030	0.349	13.620
	1.5	5.501	4.549	1.465	0.615	17.000
	3.0	5.509	4.517	3.000	1.533	29.333
	5.0	5.514	4.615	5.000	2.865	42.700
	10.0	5.511	4.593	9.000	6.000	60.000
6.0	0.1	6.067	4.631	0.093	0.016	1.530
	0.2	5.930	4.597	0.169	0.033	2.724
	0.4	6.009	4.572	0.343	0.071	5.439
	0.6	5.988	4.577	0.523	0.149	7.487
	0.8	6.007	4.629	0.693	0.250	8.861
	1.0	6.008	4.598	1.009	0.338	13.430
	1.5	6.016	4.393	1.460	0.635	16.500
	3.0	6.026	4.558	3.000	1.403	31.947
	5.0	6.000	4.705	4.920	2.700	44.400
	10.0	5.996	4.559	8.800	6.450	47.000
6.5	0.1	6.547	4.792	0.089	0.013	1.523
	0.2	6.499	4.714	0.153	0.028	2.483
	0.4	6.540	4.602	0.331	0.066	5.303
	0.6	6.489	4.619	0.441		
	0.8	6.478	4.797	0.672	0.214	9.166
	1.0	6.528	4.725	0.900	0.336	11.280
	1.5	6.508	4.677	1.430	0.532	17.960
	3.0	6.529	4.760	3.000	1.225	35.500
	5.0	6.487	4.693	4.700	2.650	41.000
	10.0	6.503	4.739	9.350	6.100	65.000

ANEXO A8.2

Resultados dos Ensaios de Adsorção do Cobre

Tratamento				mg L-1	mg L-1	mg Kg-1
pH	Cu	pH Inicial medido	pH Equilíbrio	Cu Adicionado	Cu em Solução	Cu Adsorvido
3.5	0.1	3.414	3.749	0.104	0.044	1.196
		3.414	3.720	0.104	0.042	1.230
		3.414	3.727	0.104	0.043	1.214
	0.2	3.510	3.793	0.179	0.083	1.920
		3.510	3.800	0.179	0.075	2.074
		3.510	3.793	0.179	0.077	2.034
	0.4	3.500	3.824	0.363	0.173	3.796
		3.500	3.823	0.363	0.158	4.104
		3.500	3.806	0.363	0.173	3.794
	0.6	3.485	3.719	0.570	0.311	5.180
		3.485	3.775	0.570	0.381	3.764
		3.485	3.786	0.570	0.317	5.060
	0.8	3.527	3.788	0.760	0.462	5.966
		3.527	3.788	0.760	0.458	6.038
		3.527	3.786	0.760	0.458	6.044
	1	3.502	3.734	1.024	0.612	8.240
		3.502	3.836	1.024	0.580	8.880
		3.502	3.834	1.024	0.570	9.080
3.5	1.5	3.512	3.787	1.500	1.050	9.000
		3.512	3.797	1.500	1.000	10.000
		3.512	3.793	1.500	1.009	9.820
	3	3.515	3.790	3.020	2.115	18.100
		3.515	3.791	3.020	2.130	17.800
		3.515	3.787	3.020	2.130	17.800
	5	3.508	3.801	4.920	3.580	26.800
		3.508	3.784	4.920	3.670	25.000
		3.508	3.782	4.920	3.800	22.400
	10	3.509	3.806	9.105	8.000	22.100
		3.509	3.791	9.105	7.850	25.100
		3.509	3.790	9.105	7.850	25.100

ANEXO A8.2 (Continuação)

Resultados dos Ensaios de Adsorção do Cobre

Tratamento				mg L-1	mg L-1	mg Kg-1
pH	Cu	pH Inicial medido	pH Equilíbrio	Cu Adicionado	Cu em Solução	Cu Adsorvido
4.5	0.1	4.537	4.198	0.105	0.020	1.696
		4.537	3.610	0.105	0.021	1.682
		4.537	4.209	0.105	0.020	1.698
	0.2	4.506	4.480	0.161	0.032	2.592
		4.506	4.472	0.161	0.033	2.578
		4.506	4.468	0.161	0.038	2.474
	0.4	4.536	4.308	0.353	0.093	5.208
		4.536	4.453	0.353	0.093	5.210
		4.536	4.453	0.353	0.084	5.374
	0.6	4.491	4.392	0.562	0.189	7.470
		4.491	4.425	0.562	0.207	7.116
		4.491	4.411	0.562	0.200	7.258
	0.8	4.497	4.409	0.750	0.316	8.678
		4.497	4.406	0.750	0.316	8.670
		4.497	4.380	0.750	0.331	8.380
	1	4.531	4.432	1.063	0.399	13.280
		4.531	4.443	1.063	0.410	13.060
		4.531	4.479	1.063	0.394	13.380
	1.5	4.498	4.377	1.480	0.708	15.440
		4.498	4.399	1.480	0.728	15.040
		4.498	4.416	1.480	0.700	15.600
	3	4.527	4.388	3.000	1.680	26.400
		4.527	4.390	3.000	1.670	26.600
		4.527	4.384	3.000	1.610	27.800
	5	4.495	4.501	4.900	3.020	37.600
		4.495	4.493	4.900	3.030	37.400
		4.495	4.487	4.900	3.200	34.000
	10	4.528	4.487	9.500	6.400	62.000
		4.528	4.466	9.500	6.500	60.000
		4.528	4.435	9.500	6.500	60.000

ANEXO A8.2 (Continuação)

Resultados dos Ensaios de Adsorção do Cobre

Tratamento				mg L-1	mg L-1	mg Kg-1
pH	Cu	pH Inicial medido	pH Equilíbrio	Cu Adicionado	Cu em Solução	Cu Adsorvido
5.0	0.1	5.085	4.571	0.099	0.020	1.592
		5.085	4.619	0.099	0.020	1.586
		5.085	4.559	0.099	0.019	1.614
	0.2	5.029	4.578	0.180	0.043	2.740
		5.029	4.567	0.180	0.040	2.810
		5.029	4.561	0.180	0.040	2.814
	0.4	5.058	4.499	0.355	0.090	5.298
		5.058	4.507	0.355	0.090	5.288
		5.058	4.517	0.355	0.093	5.240
	0.6	5.099	4.509	0.549	0.185	7.270
		5.099	4.499	0.549	0.194	7.092
		5.099	4.514	0.549	0.181	7.356
	0.8	5.014	4.499	0.744	0.280	9.282
		5.014	4.499	0.744	0.341	8.068
		5.014	4.499	0.744	0.300	8.878
	1.0	5.045	4.561	1.060	0.366	13.880
		5.045	4.551	1.060	0.372	13.760
		5.045	4.612	1.060	0.382	13.560
	1.5	5.029	4.532	1.460	0.670	15.800
		5.029	4.541	1.460	0.650	16.200
		5.029	4.528	1.460	0.652	16.160
	3.0	5.083	4.492	3.020	1.580	28.800
		5.083	4.497	3.020	1.630	27.800
		5.083	4.501	3.020	1.580	28.800
	5.0	4.994	4.600	5.060	2.910	43.000
		4.994	4.578	5.060	2.970	41.800
		4.994	4.542	5.060	2.950	42.200
	10.0	5.016	4.533	9.000	6.500	50.000
		5.016	4.546	9.000	6.250	55.000
		5.016	4.553	9.000	6.250	55.000

ANEXO A8.2 (Continuação)

Resultados dos Ensaios de Adsorção do Cobre

Tratamento				mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg Kg ⁻¹
pH	Cu	pH Inicial medido	pH Equilíbrio	Cu Adicionado	Cu em Solução	Cu Adsorvido
5.5	0.1	5.456	4.611	0.095	0.018	1.534
		5.456	4.592	0.095	0.018	1.546
		5.456	4.572	0.095	0.016	1.582
	0.2	5.479	4.604	0.174	0.038	2.712
		5.479	4.598	0.174	0.039	2.704
		5.479	4.573	0.174	0.031	2.858
	0.4	5.594	4.552	0.349	0.082	5.344
		5.594	4.533	0.349	0.078	5.432
		5.594	4.521	0.349	0.078	5.430
	0.6	5.505	4.493	0.541	0.176	7.304
		5.505	4.498	0.541	0.185	7.134
		5.505	4.528	0.541	0.168	7.472
	0.8	5.502	4.548	0.733	0.259	9.492
		5.502	4.534	0.733	0.266	9.344
		5.502	4.529	0.733	0.278	9.112
	1.0	5.591	4.550	1.030	0.348	13.640
		5.591	4.550	1.030	0.340	13.800
		5.591	4.558	1.030	0.359	13.420
	1.5	5.501	4.541	1.465	0.660	16.100
		5.501	4.561	1.465	0.610	17.100
		5.501	4.537	1.465	0.620	16.900
	3.0	5.509	4.523	3.000	1.540	29.200
		5.509	4.515	3.000	1.500	30.000
		5.509	4.514	3.000	1.560	28.800
	5.0	5.514	4.622	5.000	2.710	45.800
		5.514	4.615	5.000	2.830	43.400
		5.514	4.615	5.000	2.900	42.000
	10.0	5.511	4.612	9.000	6.000	60.000
		5.511	4.641	9.000	5.825	63.500
		5.511	4.573	9.000	6.000	60.000

ANEXO A8.2 (Continuação)

Resultados dos Ensaios de Adsorção do Cobre

Tratamento				mg L-1	mg L-1	mg Kg-1
pH	Cu	pH Inicial medido	pH Equilíbrio	Cu Adicionado	Cu em Solução	Cu Adsorvido
6.0	0.1	6.067	4.677	0.093	0.014	1.574
		6.067	4.630	0.093	0.016	1.532
		6.067	4.632	0.093	0.016	1.528
	0.2	5.930	4.577	0.169	0.033	2.724
		5.930	4.613	0.169	0.034	2.710
		5.930	4.601	0.169	0.032	2.738
	0.4	6.009	4.597	0.343	0.075	5.362
		6.009	4.567	0.343	0.089	5.096
		6.009	4.547	0.343	0.068	5.516
	0.6	5.988	4.559	0.523	0.175	6.976
		5.988	4.569	0.523	0.149	7.498
		5.988	4.585	0.523	0.150	7.476
	0.8	6.007	4.603	0.693	0.234	9.186
		6.007	4.611	0.693	0.254	8.798
		6.007	4.646	0.693	0.247	8.924
	1.0	6.008	4.584	1.009	0.335	13.480
		6.008	4.585	1.009	0.324	13.700
		6.008	4.611	1.009	0.340	13.380
	1.5	6.016	3.898	1.460	0.615	16.900
		6.016	4.193	1.460	0.620	16.800
		6.016	4.393	1.460	0.635	16.500
	3.0	6.026	4.553	3.000	1.402	31.960
		6.026	4.548	3.000	1.400	32.000
		6.026	4.574	3.000	1.406	31.880
	5.0	6.000	4.707	4.920	2.700	44.400
		6.000	4.708	4.920	2.670	45.000
		6.000	4.702	4.920	2.700	44.400
	10.0	5.996	4.522	8.800	6.450	47.000
		5.996	4.568	8.800	6.500	46.000
		5.996	4.595	8.800	6.450	47.000

ANEXO A8.2 (Continuação)

Resultados dos Ensaios de Adsorção do Cobre

Tratamento				mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg Kg ⁻¹
pH	Cu	pH Inicial medido	pH Equilíbrio	Cu Adicionado	Cu em Solução	Cu Adsorvido
6.5	0.1	6.547	4.795	0.089	0.013	1.520
		6.547	4.788	0.089	0.013	1.526
		6.547	4.720	0.089	0.015	1.478
	0.2	6.499	4.741	0.153	0.029	2.468
		6.499	4.716	0.153	0.028	2.498
		6.499	4.685	0.153	0.029	2.482
	0.4	6.540	4.551	0.331	0.072	5.176
		6.540	3.271	0.331	0.055	5.520
		6.540	4.652	0.331	0.070	5.212
	0.6	6.489	4.522	0.441	Amostras perdidas	
		6.489	4.661	0.441		
		6.489	4.674	0.441		
	0.8	6.478	4.783	0.672	0.204	9.366
		6.478	4.791	0.672	0.214	9.164
		6.478	4.802	0.672	0.214	9.168
	1.0	6.528	4.729	0.900	0.339	11.220
		6.528	4.721	0.900	0.333	11.340
		6.528	4.671	0.900	0.317	11.660
	1.5	6.508	4.646	1.430	0.540	17.800
		6.508	4.662	1.430	0.436	19.880
		6.508	4.722	1.430	0.620	16.200
	3.0	6.529	4.206	3.000	1.400	32.000
		6.529	4.740	3.000	1.260	34.800
		6.529	4.780	3.000	1.190	36.200
	5.0	6.487	4.189	4.700	3.220	29.600
		6.487	4.689	4.700	2.700	40.000
		6.487	4.697	4.700	2.600	42.000
	10.0	6.503	4.721	9.350	6.100	65.000
		6.503	4.757	9.350	6.100	65.000
		6.503	4.743	9.350	6.000	67.000

ANEXO A8.3

Ensaios de Adsorção - Determinação da actividade do Cobre

Características do solo

pH solo (H ₂ O; 1/2.5))	5.6
Soil pH (KCl; 1/2.5)	4.25
Matéria Orgânica solo %	0.8
CTC solo cmol/Kg	2.41
Cu EDTA solo (mg/Kg)	0.3184
Cu Total solo (HF) (mg/Kg)	26.5534
Ca 2+ de troca (cmol/Kg)	0.46
Peso molecular DOC	80
Cu extr.	0.5

Ensaios de Adsorção

Solo (g)-camada 0-10 cm	2
Solução (mL)	40
Solo/Solução	0.05
Electrólito	0.01M Ca(NO ₃) ₂
Cu adicionado (standard)	Cu(NO ₃) ₂
Ajustamento pH	0.1M HCl; 0.5M Ca(OH) ₂
Tempo de Equilíbrio	24 h; 25°C
Tratamentos pH	3.5; 4.5; 5; 5.5; 6; 6.5
Tratamentos Cu (ppm)	0.1; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1; 1.5; 3; 5; 10

		mg L ⁻¹		mg L ⁻¹	mg Kg ⁻¹	g mL ⁻¹	mS cm ⁻¹		
Tratamento		pH Inicial	pH Equil.	Cu Adicionado	Cu Solução	Cu Adsorvido	Solo/Sol.	gS/(gS+gL)	Cond. Electr.
pH	Cu								
3.5	0.1	3.414	3.749	0.104	0.044	1.196	0.05	0.0476	2.256
		3.414	3.720	0.104	0.042	1.230	0.05	0.0476	2.260
		3.414	3.727	0.104	0.043	1.214	0.05	0.0476	2.259
	0.2	3.510	3.793	0.179	0.083	1.920	0.05	0.0476	2.251
		3.510	3.800	0.179	0.075	2.074	0.05	0.0476	2.250
		3.510	3.793	0.179	0.077	2.034	0.05	0.0476	2.251
	0.4	3.500	3.824	0.363	0.173	3.796	0.05	0.0476	2.249
		3.500	3.823	0.363	0.158	4.104	0.05	0.0476	2.249
		3.500	3.806	0.363	0.173	3.794	0.05	0.0476	2.251
	0.6	3.485	3.719	0.570	0.311	5.180	0.05	0.0476	2.263
		3.485	3.775	0.570	0.381	3.764	0.05	0.0476	2.256
		3.485	3.786	0.570	0.317	5.060	0.05	0.0476	2.254
	0.8	3.527	3.788	0.760	0.462	5.966	0.05	0.0476	2.256
		3.527	3.788	0.760	0.458	6.038	0.05	0.0476	2.256
		3.527	3.786	0.760	0.458	6.044	0.05	0.0476	2.256
	1	3.502	3.734	1.024	0.612	8.240	0.05	0.0476	2.264
		3.502	3.836	1.024	0.580	8.880	0.05	0.0476	2.252
		3.502	3.834	1.024	0.570	9.080	0.05	0.0476	2.252
	1.5	3.512	3.787	1.500	1.050	9.000	0.05	0.0476	2.261
		3.512	3.797	1.500	1.000	10.000	0.05	0.0476	2.260
		3.512	3.793	1.500	1.009	9.820	0.05	0.0476	2.260
	3	3.515	3.790	3.020	2.115	18.100	0.05	0.0476	2.271
		3.515	3.791	3.020	2.130	17.800	0.05	0.0476	2.271
		3.515	3.787	3.020	2.130	17.800	0.05	0.0476	2.272
	5	3.508	3.801	4.920	3.580	26.800	0.05	0.0476	2.283
		3.508	3.784	4.920	3.670	25.000	0.05	0.0476	2.285
		3.508	3.782	4.920	3.800	22.400	0.05	0.0476	2.285
	10	3.509	3.806	9.105	8.000	22.100	0.05	0.0476	2.312
		3.509	3.791	9.105	7.850	25.100	0.05	0.0476	2.314
		3.509	3.790	9.105	7.850	25.100	0.05	0.0476	2.314

ANEXO A8.3 - Ensaios de Adsorção. Determinação da Actividade do Cobre

	ppm C	mol m-3	mol m-3	mol m-3	mol m-3	mol m-3		mol Kg-1	mol m-3	mol m-3
Coef. Activ.	DOC	H2HUM	CaHHUM	Total HUM	log(HDOC)	log(DOC)	Cu tot/aCu	log(DOC)	log(aCu)	log(aCu)-pH
0.5261	1.42	3.5563	20.9460	25.5024	-6.5561	-12.3071	2.0892	-4.6224	-3.4786	0.2704
0.5259	1.40	3.8019	20.9368	25.7387	-6.5643	-12.3443	2.0834	-4.6128	-3.4945	0.2255
0.5260	1.41	3.7411	20.9391	25.6802	-6.5623	-12.3353	2.0848	-4.6173	-3.4867	0.2403
0.5264	1.44	3.2137	20.9576	25.1713	-6.5441	-12.2511	2.0989	-4.4528	-3.2086	0.5844
0.5265	1.44	3.1623	20.9599	25.1222	-6.5423	-12.2423	2.1004	-4.4240	-3.2515	0.5485
0.5264	1.44	3.2137	20.9576	25.1713	-6.5441	-12.2511	2.0989	-4.4313	-3.2397	0.5533
0.5265	1.45	2.9923	20.9623	24.9545	-6.5358	-12.2118	2.1065	-4.1886	-2.8884	0.9356
0.5265	1.45	2.9992	20.9623	24.9614	-6.5361	-12.2131	2.1062	-4.1573	-2.9288	0.8942
0.5264	1.44	3.1189	20.9576	25.0765	-6.5405	-12.2345	2.1022	-4.1888	-2.8872	0.9188
0.5257	1.40	3.8107	20.9299	25.7405	-6.5644	-12.3454	2.0839	-4.0627	-2.6298	1.0892
0.5261	1.43	3.3497	20.9460	25.2957	-6.5487	-12.2737	2.0956	-4.1920	-2.5430	1.2320
0.5263	1.44	3.2659	20.9507	25.2166	-6.5458	-12.2598	2.0978	-4.0723	-2.6243	1.1617
0.5261	1.44	3.2509	20.9460	25.1969	-6.5451	-12.2571	2.0988	-4.0047	-2.4609	1.3271
0.5261	1.44	3.2509	20.9460	25.1969	-6.5451	-12.2571	2.0988	-3.9998	-2.4643	1.3237
0.5261	1.44	3.2659	20.9460	25.2119	-6.5456	-12.2596	2.0983	-3.9994	-2.4645	1.3215
0.5257	1.41	3.6813	20.9276	25.6089	-6.5598	-12.3258	2.0876	-3.8706	-2.3360	1.3980
0.5264	1.46	2.9107	20.9553	24.8660	-6.5323	-12.1963	2.1106	-3.8393	-2.3641	1.4719
0.5264	1.46	2.9242	20.9553	24.8795	-6.5328	-12.1988	2.1100	-3.8300	-2.3715	1.4625
0.5259	1.44	3.2584	20.9345	25.1929	-6.5449	-12.2579	2.0998	-3.8337	-2.1041	1.6829
0.5259	1.44	3.1842	20.9368	25.1210	-6.5422	-12.2452	2.1021	-3.7894	-2.1257	1.6713
0.5259	1.44	3.2137	20.9368	25.1505	-6.5433	-12.2503	2.1011	-3.7971	-2.1216	1.6714
0.5253	1.44	3.2359	20.9115	25.1474	-6.5432	-12.2532	2.1031	-3.5378	-1.8006	1.9894
0.5253	1.44	3.2285	20.9115	25.1399	-6.5429	-12.2519	2.1033	-3.5449	-1.7976	1.9934
0.5252	1.44	3.2584	20.9092	25.1675	-6.5440	-12.2570	2.1025	-3.5449	-1.7975	1.9895
0.5246	1.45	3.1550	20.8839	25.0389	-6.5392	-12.2382	2.1089	-3.3698	-1.5733	2.2277
0.5245	1.44	3.2810	20.8794	25.1603	-6.5437	-12.2597	2.1050	-3.3996	-1.5617	2.2223
0.5245	1.44	3.2961	20.8794	25.1755	-6.5443	-12.2623	2.1045	-3.4467	-1.5465	2.2355
0.5229	1.45	3.1189	20.8181	24.9370	-6.5353	-12.2293	2.1174	-3.4525	-1.2258	2.5802
0.5228	1.45	3.2285	20.8135	25.0420	-6.5393	-12.2483	2.1140	-3.3979	-1.2333	2.5577
0.5228	1.45	3.2359	20.8135	25.0495	-6.5396	-12.2496	2.1137	-3.3979	-1.2333	2.5567

ANEXO A8.3 (continuação)

Ensaios de Adsorção - Determinação da actividade do Cobre

Características do solo

pH solo (H ₂ O; 1/2.5))	5.6
Soil pH (KCl; 1/2.5)	4.25
Matéria Orgânica solo %	0.8
CTC solo cmol/Kg	2.41
Cu EDTA solo (mg/Kg)	0.3184
Cu Total solo (HF) (mg/Kg)	26.5534
Ca 2+ de troca (cmol/Kg)	0.46
Peso molecular DOC	80
Cu extr.	0.5

Ensaios de Adsorção

Solo (g)-camada 0-10 cm	2
Solução (mL)	40
Solo/Solução	0.05
Electrólito	0.01M Ca(NO ₃) ₂
Cu adicionado (standard)	Cu(NO ₃) ₂
Ajustamento pH	0.1M HCl; 0.5M Ca(OH) ₂
Tempo de Equilíbrio	24 h; 25°C
Tratamentos pH	3.5; 4.5; 5; 5.5; 6; 6.5
Tratamentos Cu (ppm)	0.1; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1; 1.5; 3; 5; 10

		mg L ⁻¹		mg L ⁻¹		mg Kg ⁻¹	g mL ⁻¹	mS cm ⁻¹	
Tratamento pH	Cu	pH Inicial	pH Equil.	Cu Adicionado	Cu Solução	Cu Adicionado	Solo/Sol.	gS/gS (g/L)	Cond. Electr.
4.5	0.1	4.537	4.198	0.105	0.020	1.696	0.05	0.0476	2.214
		4.537	3.610	0.105	0.021	1.682	0.05	0.0476	2.275
		4.537	4.209	0.105	0.020	1.698	0.05	0.0476	2.214
	0.2	4.506	4.480	0.161	0.032	2.592	0.05	0.0476	2.205
		4.506	4.472	0.161	0.033	2.578	0.05	0.0476	2.205
		4.506	4.468	0.161	0.038	2.474	0.05	0.0476	2.205
	0.4	4.536	4.308	0.353	0.093	5.208	0.05	0.0476	2.211
		4.536	4.453	0.353	0.093	5.210	0.05	0.0476	2.207
		4.536	4.453	0.353	0.084	5.374	0.05	0.0476	2.207
	0.6	4.491	4.392	0.562	0.189	7.470	0.05	0.0476	2.210
		4.491	4.425	0.562	0.207	7.116	0.05	0.0476	2.209
		4.491	4.411	0.562	0.200	7.258	0.05	0.0476	2.209
	0.8	4.497	4.409	0.750	0.316	8.678	0.05	0.0476	2.211
		4.497	4.406	0.750	0.316	8.670	0.05	0.0476	2.211
		4.497	4.380	0.750	0.331	8.380	0.05	0.0476	2.211
	1	4.531	4.432	1.063	0.399	13.280	0.05	0.0476	2.212
		4.531	4.443	1.063	0.410	13.060	0.05	0.0476	2.212
		4.531	4.479	1.063	0.394	13.380	0.05	0.0476	2.212
	1.5	4.498	4.377	1.480	0.708	15.440	0.05	0.0476	2.217
		4.498	4.399	1.480	0.728	15.040	0.05	0.0476	2.216
		4.498	4.416	1.480	0.700	15.600	0.05	0.0476	2.216
	3	4.527	4.388	3.000	1.680	26.400	0.05	0.0476	2.227
		4.527	4.390	3.000	1.670	26.600	0.05	0.0476	2.227
		4.527	4.384	3.000	1.610	27.800	0.05	0.0476	2.227
	5	4.495	4.501	4.900	3.020	37.600	0.05	0.0476	2.238
		4.495	4.493	4.900	3.030	37.400	0.05	0.0476	2.238
		4.495	4.487	4.900	3.200	34.000	0.05	0.0476	2.238
	10	4.528	4.487	9.500	6.400	62.000	0.05	0.0476	2.271
		4.528	4.466	9.500	6.500	60.000	0.05	0.0476	2.271
		4.528	4.435	9.500	6.500	60.000	0.05	0.0476	2.271

ANEXO A8.3 - Ensaios de Adsorção. Determinação da Actividade do Cobre

	ppm C	mol m-3	mol m-3	mol m-3	mol m-3	mol m-3		mol Kg-1	mol m-3	mol m-3
Coef. Activ	DOC	H2HUM	CaHHUM	Total HUM	log(HDOC)	log(DOC)	Quot/aCu	log QCu	log(aCu)	log(aCu)+pH
0.5286	1.65	1.2647	21.0441	23.3089	-6.4517	-11.7537	2.2452	-4.4986	-3.8469	0.3511
0.5250	1.35	4.8978	20.9023	26.8001	-6.5977	-12.4877	2.0637	-4.5016	-3.7955	-0.1855
0.5286	1.65	1.2331	21.0441	23.2773	-6.4494	-11.7404	2.2516	-4.4982	-3.8502	0.3588
0.5291	1.81	0.6607	21.0654	22.7261	-6.3988	-11.4188	2.4712	-4.3389	-3.6936	0.7864
0.5291	1.81	0.6730	21.0654	22.7384	-6.4002	-11.4282	2.4623	-4.3410	-3.6826	0.7894
0.5291	1.81	0.6792	21.0654	22.7446	-6.4010	-11.4330	2.4580	-4.3569	-3.6173	0.8507
0.5288	1.71	0.9817	21.0512	23.0330	-6.4301	-11.6221	2.3160	-4.0605	-3.2007	1.1073
0.5290	1.80	0.7031	21.0607	22.7638	-6.4035	-11.4505	2.4426	-4.0604	-3.2243	1.2287
0.5290	1.80	0.7031	21.0607	22.7638	-6.4035	-11.4505	2.4426	-4.0477	-3.2646	1.1884
0.5288	1.76	0.8091	21.0536	22.8627	-6.4144	-11.5224	2.3843	-3.9116	-2.9042	1.4878
0.5289	1.78	0.7499	21.0560	22.8058	-6.4084	-11.4834	2.4150	-3.9317	-2.8709	1.5541
0.5289	1.77	0.7745	21.0560	22.8304	-6.4110	-11.5000	2.4015	-3.9235	-2.8836	1.5274
0.5288	1.77	0.7780	21.0512	22.8293	-6.4111	-11.5021	2.4003	-3.8489	-2.6839	1.7251
0.5288	1.77	0.7834	21.0512	22.8347	-6.4117	-11.5057	2.3975	-3.8493	-2.6829	1.7231
0.5288	1.75	0.8318	21.0512	22.8830	-6.4165	-11.5365	2.3740	-3.8636	-2.6591	1.7209
0.5287	1.79	0.7379	21.0489	22.7868	-6.4068	-11.4748	2.4229	-3.6695	-2.5864	1.8456
0.5287	1.79	0.7194	21.0489	22.7683	-6.4048	-11.4618	2.4339	-3.6766	-2.5766	1.8664
0.5287	1.82	0.6622	21.0489	22.7111	-6.3983	-11.4193	2.4724	-3.6664	-2.6007	1.8783
0.5284	1.75	0.8375	21.0371	22.8746	-6.4165	-11.5395	2.3732	-3.6055	-2.3284	2.0486
0.5285	1.77	0.7962	21.0394	22.8356	-6.4125	-11.5135	2.3926	-3.6167	-2.3198	2.0792
0.5285	1.78	0.7656	21.0394	22.8050	-6.4094	-11.4934	2.4085	-3.6011	-2.3397	2.0763
0.5278	1.76	0.8166	21.0136	22.8302	-6.4136	-11.5256	2.3861	-3.3763	-1.9555	2.4325
0.5278	1.76	0.8128	21.0136	22.8264	-6.4132	-11.5232	2.3879	-3.3730	-1.9584	2.4316
0.5278	1.76	0.8241	21.0136	22.8377	-6.4143	-11.5303	2.3825	-3.3541	-1.9733	2.4107
0.5272	1.83	0.6295	20.9879	22.6174	-6.3920	-11.3910	2.5065	-3.2242	-1.7221	2.7789
0.5272	1.83	0.6412	20.9879	22.6291	-6.3935	-11.4005	2.4971	-3.2265	-1.7191	2.7739
0.5272	1.83	0.6501	20.9879	22.6380	-6.3945	-11.4075	2.4902	-3.2675	-1.6942	2.7928
0.5253	1.83	0.6501	20.9115	22.5616	-6.3916	-11.4046	2.5012	-3.0085	-1.3951	3.0919
0.5253	1.82	0.6823	20.9115	22.5938	-6.3953	-11.4293	2.4776	-3.0226	-1.3842	3.0818
0.5253	1.80	0.7328	20.9115	22.6443	-6.4009	-11.4659	2.4449	-3.0226	-1.3784	3.0566

ANEXO A8.3 (continuação)

Ensaios de Adsorção - Determinação da actividade do Cobre

Características do solo		Ensaios de Adsorção	
pH solo (H ₂ O; 1/2.5))	5.6	Solo (g)-camada 0-10 cm	2
Soil pH (KCl; 1/2.5)	4.25	Solução (mL)	40
Matéria Orgânica solo %	0.8	Solo/Solução	0.05
CTC solo cmol/Kg	2.41	Electrólito	0.01M Ca(NO ₃) ₂
Cu EDTA solo (mg/Kg)	0.3184	Cu adicionado (standard)	Cu(NO ₃) ₂
Cu Total solo (HF) (mg/Kg)	26.5534	Ajustamento pH	0.1M HCl; 0.5M Ca(OH) ₂
Ca 2+ de troca (cmol/Kg)	0.46	Tempo de Equilíbrio	24 h; 25°C
Peso molecular DOC	80	Tratamentos pH	3.5; 4.5; 5; 5.5; 6; 6.5
Cu extr.	0.5	Tratamentos Cu (ppm)	0.1; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1; 1.5; 3; 5; 10

Tratamento		mg L ⁻¹		mg Kg ⁻¹		g mL ⁻¹		mS cm ⁻¹	
pH	Cu	pH Inicial	pH Equil.	Cu Adicionado	Cu Solução	Cu Adsorvido	Solo/Sol.	µS/(gS+gL)	Cond. Electr.
5.0	0.1	5.085	4.571	0.099	0.020	1.592	0.05	0.0476	2.205
		5.085	4.619	0.099	0.020	1.586	0.05	0.0476	2.205
		5.085	4.559	0.099	0.019	1.614	0.05	0.0476	2.205
	0.2	5.029	4.578	0.180	0.043	2.740	0.05	0.0476	2.205
		5.029	4.567	0.180	0.040	2.810	0.05	0.0476	2.205
		5.029	4.561	0.180	0.040	2.814	0.05	0.0476	2.205
	0.4	5.058	4.499	0.355	0.090	5.298	0.05	0.0476	2.206
		5.058	4.507	0.355	0.090	5.288	0.05	0.0476	2.206
		5.058	4.517	0.355	0.093	5.240	0.05	0.0476	2.206
	0.6	5.099	4.509	0.549	0.185	7.270	0.05	0.0476	2.208
		5.099	4.499	0.549	0.194	7.092	0.05	0.0476	2.208
		5.099	4.514	0.549	0.181	7.356	0.05	0.0476	2.208
	0.8	5.014	4.499	0.744	0.280	9.282	0.05	0.0476	2.209
		5.014	4.499	0.744	0.341	8.068	0.05	0.0476	2.209
		5.014	4.499	0.744	0.300	8.878	0.05	0.0476	2.209
	1.0	5.045	4.561	1.060	0.366	13.880	0.05	0.0476	2.211
		5.045	4.551	1.060	0.372	13.760	0.05	0.0476	2.211
		5.045	4.612	1.060	0.382	13.560	0.05	0.0476	2.212
	1.5	5.029	4.532	1.460	0.670	15.800	0.05	0.0476	2.214
		5.029	4.541	1.460	0.650	16.200	0.05	0.0476	2.214
		5.029	4.528	1.460	0.652	16.160	0.05	0.0476	2.214
	3.0	5.083	4.492	3.020	1.580	28.800	0.05	0.0476	2.225
		5.083	4.497	3.020	1.630	27.800	0.05	0.0476	2.225
		5.083	4.501	3.020	1.580	28.800	0.05	0.0476	2.225
	5.0	4.994	4.600	5.060	2.910	43.000	0.05	0.0476	2.239
		4.994	4.578	5.060	2.970	41.800	0.05	0.0476	2.239
		4.994	4.542	5.060	2.950	42.200	0.05	0.0476	2.239
	10.0	5.016	4.533	9.000	6.500	50.000	0.05	0.0476	2.267
		5.016	4.546	9.000	6.250	55.000	0.05	0.0476	2.267
		5.016	4.553	9.000	6.250	55.000	0.05	0.0476	2.267

ANEXO A8.3 - Ensaios de Adsorção. Determinação da Actividade do Cobre

	ppm C	mol m-3	mol m-3	mol m-3	mol m-3	mol m-3		mol Kg-1	mol m-3	mol m-3
Coef. Activ	DOC	H2HUM	CaHHUM	Total HUM	log(HDOC)	log(DOC)	Cu tot/eCu	log aCu	log(eCu)	log(eCu)+pH
0.5291	1.87	0.5358	21.0654	22.6012	-6.3828	-11.3118	2.5853	-4.5216	-3.9233	0.6477
0.5291	1.90	0.4797	21.0654	22.5451	-6.3745	-11.2555	2.6568	-4.5230	-3.9286	0.6904
0.5291	1.86	0.5508	21.0654	22.6162	-6.3848	-11.3258	2.5687	-4.5166	-3.9456	0.6134
0.5291	1.88	0.5272	21.0654	22.5926	-6.3815	-11.3035	2.5952	-4.3174	-3.5818	0.9962
0.5291	1.87	0.5408	21.0654	22.6062	-6.3835	-11.3165	2.5797	-4.3075	-3.6159	0.9511
0.5291	1.87	0.5483	21.0654	22.6137	-6.3845	-11.3235	2.5714	-4.3070	-3.6167	0.9443
0.5291	1.83	0.6324	21.0630	22.6955	-6.3953	-11.3963	2.4933	-4.0535	-3.2471	1.2519
0.5291	1.83	0.6209	21.0630	22.6839	-6.3939	-11.3869	2.5027	-4.0543	-3.2463	1.2607
0.5291	1.84	0.6067	21.0630	22.6698	-6.3921	-11.3751	2.5148	-4.0580	-3.2370	1.2800
0.5290	1.83	0.6180	21.0583	22.6763	-6.3934	-11.3844	2.5058	-3.9228	-2.9339	1.5751
0.5290	1.83	0.6324	21.0583	22.6907	-6.3951	-11.3961	2.4939	-3.9332	-2.9115	1.5875
0.5290	1.84	0.6109	21.0583	22.6693	-6.3925	-11.3785	2.5119	-3.9180	-2.9452	1.5688
0.5289	1.83	0.6324	21.0560	22.6884	-6.3950	-11.3960	2.4943	-3.8207	-2.7526	1.7464
0.5289	1.83	0.6324	21.0560	22.6884	-6.3950	-11.3960	2.4943	-3.8794	-2.6674	1.8316
0.5289	1.83	0.6324	21.0560	22.6884	-6.3950	-11.3960	2.4943	-3.8394	-2.7223	1.7767
0.5288	1.87	0.5483	21.0512	22.5995	-6.3839	-11.3229	2.5736	-3.6508	-2.6501	1.9109
0.5288	1.86	0.5610	21.0512	22.6123	-6.3857	-11.3347	2.5601	-3.6545	-2.6408	1.9102
0.5287	1.90	0.4875	21.0489	22.5364	-6.3750	-11.2630	2.6484	-3.6607	-2.6440	1.9680
0.5286	1.85	0.5861	21.0441	22.6303	-6.3887	-11.3567	2.5363	-3.5957	-2.3812	2.1508
0.5286	1.85	0.5741	21.0441	22.6183	-6.3872	-11.3462	2.5479	-3.5851	-2.3964	2.1446
0.5286	1.85	0.5916	21.0441	22.6357	-6.3894	-11.3614	2.5313	-3.5861	-2.3922	2.1358
0.5280	1.83	0.6427	21.0183	22.6610	-6.3948	-11.4028	2.4915	-3.3389	-2.0009	2.4911
0.5280	1.83	0.6353	21.0183	22.6536	-6.3939	-11.3969	2.4974	-3.3541	-1.9884	2.5086
0.5280	1.83	0.6295	21.0183	22.6478	-6.3932	-11.3922	2.5021	-3.3389	-2.0027	2.4983
0.5271	1.90	0.5012	20.9855	22.4867	-6.3746	-11.2746	2.6399	-3.1664	-1.7608	2.8392
0.5271	1.88	0.5272	20.9855	22.5128	-6.3784	-11.3004	2.6074	-3.1786	-1.7465	2.8315
0.5271	1.86	0.5728	20.9855	22.5583	-6.3847	-11.3427	2.5580	-3.1745	-1.7412	2.8008
0.5255	1.86	0.5848	20.9207	22.5054	-6.3838	-11.3508	2.5560	-3.1013	-1.3977	3.1353
0.5255	1.87	0.5675	20.9207	22.4882	-6.3815	-11.3355	2.5730	-3.0602	-1.4177	3.1283
0.5255	1.87	0.5585	20.9207	22.4791	-6.3802	-11.3272	2.5825	-3.0602	-1.4192	3.1338

ANEXO A8.3 (continuação)

Ensaios de Adsorção - Determinação da actividade do Cobre

Características do solo

pH solo (H ₂ O; 1/2.5))	5.6
Soil pH (KCl; 1/2.5)	4.25
Matéria Orgânica solo %	0.8
CTC solo cmol/Kg	2.41
Cu EDTA solo (mg/Kg)	0.3184
Cu Total solo (HF) (mg/Kg)	26.5534
Ca 2+ de troca (cmol/Kg)	0.46
Peso molecular DOC	80
Cu extr.	0.5

Ensaios de Adsorção

Solo (g)-camada 0-10 cm	2
Solução (mL)	40
Solo/Solução	0.05
Electrólito	0.01M Ca(NO ₃) ₂
Cu adicionado (standard)	Cu(NO ₃) ₂
Ajustamento pH	0.1M HCl; 0.5M Ca(OH) ₂
Tempo de Equilíbrio	24 H; 25°C
Tratamentos pH	3.5; 4.5; 5; 5.5; 6; 6.5
Tratamentos Cu (ppm)	0.1; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1; 1.5; 3; 5; 10

				mg L-1	mg L-1	mg Kg-1	g mL-1	mS cm-1	
Tratamento		pH Inicial	pH Equil.	Cu Adicionado	Cu Solução	Cu Adsorvido	Solo/Sol	pS(pS-gL)	Cond. Electr.
pH	Cu								
5.5	0.1	5.456	4.611	0.095	0.018	1.534	0.05	0.0476	2.205
		5.456	4.592	0.095	0.018	1.546	0.05	0.0476	2.205
		5.456	4.572	0.095	0.016	1.582	0.05	0.0476	2.205
0.2	5.479	4.604	0.174	0.038	2.712	0.05	0.0476	2.205	
	5.479	4.598	0.174	0.039	2.704	0.05	0.0476	2.205	
	5.479	4.573	0.174	0.031	2.858	0.05	0.0476	2.205	
0.4	5.594	4.552	0.349	0.082	5.344	0.05	0.0476	2.206	
	5.594	4.533	0.349	0.078	5.432	0.05	0.0476	2.206	
	5.594	4.521	0.349	0.078	5.430	0.05	0.0476	2.206	
0.6	5.505	4.493	0.541	0.176	7.304	0.05	0.0476	2.208	
	5.505	4.498	0.541	0.185	7.134	0.05	0.0476	2.208	
	5.505	4.528	0.541	0.168	7.472	0.05	0.0476	2.208	
0.8	5.502	4.548	0.733	0.259	9.492	0.05	0.0476	2.209	
	5.502	4.534	0.733	0.266	9.344	0.05	0.0476	2.209	
	5.502	4.529	0.733	0.278	9.112	0.05	0.0476	2.209	
1.0	5.591	4.550	1.030	0.348	13.640	0.05	0.0476	2.211	
	5.591	4.550	1.030	0.340	13.800	0.05	0.0476	2.211	
	5.591	4.558	1.030	0.359	13.420	0.05	0.0476	2.211	
1.5	5.501	4.541	1.465	0.660	16.100	0.05	0.0476	2.214	
	5.501	4.561	1.465	0.610	17.100	0.05	0.0476	2.214	
	5.501	4.537	1.465	0.620	16.900	0.05	0.0476	2.214	
3.0	5.509	4.523	3.000	1.540	29.200	0.05	0.0476	2.225	
	5.509	4.515	3.000	1.500	30.000	0.05	0.0476	2.225	
	5.509	4.514	3.000	1.560	28.800	0.05	0.0476	2.225	
5.0	5.514	4.622	5.000	2.710	45.800	0.05	0.0476	2.239	
	5.514	4.615	5.000	2.830	43.400	0.05	0.0476	2.239	
	5.514	4.615	5.000	2.900	42.000	0.05	0.0476	2.239	
10.0	5.511	4.612	9.000	6.000	60.000	0.05	0.0476	2.267	
	5.511	4.641	9.000	5.825	63.500	0.05	0.0476	2.267	
	5.511	4.573	9.000	6.000	60.000	0.05	0.0476	2.267	

ANEXO A8.3 - Ensaios de Adsorção. Determinação da Actividade do Cobre

	ppm C	mol m-3	mol m-3	mol m-3	mol m-3	mol m-3		mol Kg-1	mol m-3	mol m-3
Coef. Ativ.	DOC	H2HUM	CaHHUM	Total HUM	log(HDOC)	log(DOC)	Cu tot/aCu	log QCu	log(aCu)	log(aCu)+pH
0.5291	1.90	0.4887	21.0654	22.5541	-6.3758	-11.2648	2.6442	-4.5350	-3.9606	0.6504
0.5291	1.89	0.5105	21.0654	22.5759	-6.3791	-11.2871	2.6155	-4.5322	-3.9702	0.6218
0.5291	1.87	0.5346	21.0654	22.6000	-6.3826	-11.3106	2.5867	-4.5239	-4.0117	0.5603
0.5291	1.89	0.4966	21.0654	22.5620	-6.3771	-11.2731	2.6335	-4.3214	-3.6416	0.9624
0.5291	1.89	0.5035	21.0654	22.5689	-6.3781	-11.2801	2.6244	-4.3225	-3.6355	0.9625
0.5291	1.87	0.5333	21.0654	22.5987	-6.3824	-11.3094	2.5881	-4.3009	-3.7261	0.8469
0.5291	1.86	0.5598	21.0630	22.6228	-6.3860	-11.3340	2.5596	-4.0500	-3.2975	1.2545
0.5291	1.85	0.5848	21.0630	22.6478	-6.3893	-11.3563	2.5348	-4.0433	-3.3172	1.2158
0.5291	1.84	0.6012	21.0630	22.6642	-6.3914	-11.3704	2.5198	-4.0434	-3.3140	1.2070
0.5290	1.82	0.6412	21.0583	22.6995	-6.3962	-11.4032	2.4870	-3.9209	-2.9528	1.5402
0.5290	1.83	0.6339	21.0583	22.6922	-6.3953	-11.3973	2.4928	-3.9307	-2.9333	1.5647
0.5290	1.85	0.5916	21.0583	22.6499	-6.3900	-11.3620	2.5292	-3.9114	-2.9813	1.5467
0.5289	1.86	0.5649	21.0560	22.6209	-6.3864	-11.3384	2.5554	-3.8113	-2.7979	1.7501
0.5289	1.85	0.5834	21.0560	22.6394	-6.3889	-11.3549	2.5371	-3.8179	-2.7826	1.7514
0.5289	1.85	0.5902	21.0560	22.6462	-6.3897	-11.3607	2.5308	-3.8285	-2.7629	1.7661
0.5288	1.86	0.5623	21.0512	22.6136	-6.3859	-11.3359	2.5587	-3.6582	-2.6695	1.8805
0.5288	1.86	0.5623	21.0512	22.6136	-6.3859	-11.3359	2.5587	-3.6533	-2.6796	1.8704
0.5288	1.87	0.5521	21.0512	22.6033	-6.3845	-11.3265	2.5695	-3.6651	-2.6578	1.9002
0.5286	1.85	0.5741	21.0441	22.6183	-6.3872	-11.3462	2.5479	-3.5877	-2.3897	2.1513
0.5286	1.87	0.5483	21.0441	22.5924	-6.3837	-11.3227	2.5746	-3.5620	-2.4285	2.1325
0.5286	1.85	0.5794	21.0441	22.6236	-6.3879	-11.3509	2.5427	-3.5671	-2.4160	2.1210
0.5280	1.85	0.5984	21.0183	22.6167	-6.3893	-11.3663	2.5288	-3.3330	-2.0185	2.5045
0.5280	1.84	0.6095	21.0183	22.6278	-6.3907	-11.3757	2.5189	-3.3214	-2.0282	2.4868
0.5280	1.84	0.6109	21.0183	22.6292	-6.3909	-11.3769	2.5177	-3.3389	-2.0110	2.5030
0.5271	1.91	0.4764	20.9855	22.4620	-6.3708	-11.2488	2.6743	-3.1392	-1.7973	2.8247
0.5271	1.91	0.4842	20.9855	22.4697	-6.3720	-11.2570	2.6631	-3.1624	-1.7767	2.8383
0.5271	1.91	0.4842	20.9855	22.4697	-6.3720	-11.2570	2.6631	-3.1765	-1.7661	2.8489
0.5255	1.91	0.4875	20.9207	22.4082	-6.3700	-11.2580	2.6688	-3.0226	-1.4512	3.1608
0.5255	1.93	0.4560	20.9207	22.3767	-6.3651	-11.2241	2.7161	-2.9981	-1.4717	3.1693
0.5255	1.89	0.5333	20.9207	22.4540	-6.3768	-11.3038	2.6103	-3.0226	-1.4416	3.1314

ANEXO A8.3 (continuação)

Ensaio de Adsorção - Determinação da actividade do Cobre

Características do solo		Ensaio de Adsorção	
pH solo (H ₂ O; 1/2.5))	5.6	Solo (g)-camada 0-10 cm	2
Soil pH (KCl; 1/2.5)	4.25	Solução (mL)	40
Matéria Orgânica solo %	0.8	Solo/Solução	0.05
CTC solo cmol/Kg	2.41	Electrólito	0.01M Ca(NO ₃) ₂
Cu EDTA solo (mg/Kg)	0.3184	Cu adicionado (standard)	Cu(NO ₃) ₂
Cu Total solo (HF) (mg/Kg)	26.5534	Ajustamento pH	0.1M HCl; 0.5M Ca(OH) ₂
Ca 2+ de troca (cmol/Kg)	0.46	Tempo de Equilíbrio	24 h; 25°C
Peso molecular DOC	80	Tratamentos pH	3.5; 4.5; 5; 5.5; 6; 6.5
Cu extr.	0.5	Tratamentos Cu (ppm)	0.1; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1; 1.5; 3; 5; 10

Tratamento				mg L-1	mg L-1	mg Kg-1	g mL-1	mS cm-1	
pH	Cu	pH Inicial	pH Equil.	Cu Adicionado	Cu Solução	Cu Adsorvido	Solo/Sol	gS/(gS+gL)	Cond. Eléctr.
6.0	0.1	6.067	4.677	0.093	0.014	1.574	0.05	0.0476	2.206
		6.067	4.630	0.093	0.016	1.532	0.05	0.0476	2.205
		6.067	4.632	0.093	0.016	1.528	0.05	0.0476	2.205
	0.2	5.930	4.577	0.169	0.033	2.724	0.05	0.0476	2.205
		5.930	4.613	0.169	0.034	2.710	0.05	0.0476	2.205
		5.930	4.601	0.169	0.032	2.738	0.05	0.0476	2.205
	0.4	6.009	4.597	0.343	0.075	5.362	0.05	0.0476	2.206
		6.009	4.567	0.343	0.089	5.096	0.05	0.0476	2.206
		6.009	4.547	0.343	0.068	5.516	0.05	0.0476	2.206
	0.6	5.988	4.559	0.523	0.175	6.976	0.05	0.0476	2.207
		5.988	4.569	0.523	0.149	7.498	0.05	0.0476	2.207
		5.988	4.585	0.523	0.150	7.476	0.05	0.0476	2.208
	0.8	6.007	4.603	0.693	0.234	9.186	0.05	0.0476	2.209
		6.007	4.611	0.693	0.254	8.798	0.05	0.0476	2.209
		6.007	4.646	0.693	0.247	8.924	0.05	0.0476	2.209
	1.0	6.008	4.584	1.009	0.335	13.480	0.05	0.0476	2.211
		6.008	4.585	1.009	0.324	13.700	0.05	0.0476	2.211
		6.008	4.611	1.009	0.340	13.380	0.05	0.0476	2.211
	1.5	6.016	4.393	1.460	0.635	16.500	0.05	0.0476	2.216
	3.0	6.026	4.553	3.000	1.402	31.960	0.05	0.0476	2.225
		6.026	4.548	3.000	1.400	32.000	0.05	0.0476	2.225
		6.026	4.574	3.000	1.406	31.880	0.05	0.0476	2.225
	5.0	6.000	4.707	4.920	2.700	44.400	0.05	0.0476	2.240
		6.000	4.708	4.920	2.670	45.000	0.05	0.0476	2.240
		6.000	4.702	4.920	2.700	44.400	0.05	0.0476	2.240
	10.0	5.996	4.522	8.800	6.450	47.000	0.05	0.0476	2.265
		5.996	4.568	8.800	6.500	46.000	0.05	0.0476	2.265
		5.996	4.595	8.800	6.450	47.000	0.05	0.0476	2.266

ANEXO A8.3 - Ensaios de Adsorção. Determinação da Actividade do Cobre

	ppm C	mol m-3	mol m-3	mol m-3	mol m-3	mol m-3		mol Kg-1	mol m-3	mol m-3
Coef. Activ	DOC	H2HUM	CaHHUM	Total HUM	log(HDOC)	log(DOC)	Cu ²⁺ /aCu	log GCu	log(aCu)	log(aCu)+pH
0.5291	1.94	0.4198	21.0630	22.4828	-6.3645	-11.1875	2.7559	-4.5257	-4.1003	0.5767
0.5291	1.91	0.4677	21.0654	22.5331	-6.3726	-11.2426	2.6744	-4.5354	-4.0262	0.6038
0.5291	1.91	0.4656	21.0654	22.5310	-6.3723	-11.2403	2.6777	-4.5364	-4.0213	0.6107
0.5291	1.88	0.5284	21.0654	22.5939	-6.3817	-11.3047	2.5937	-4.3196	-3.7011	0.8759
0.5291	1.90	0.4864	21.0654	22.5518	-6.3755	-11.2625	2.6473	-4.3216	-3.7009	0.9121
0.5291	1.89	0.5000	21.0654	22.5654	-6.3776	-11.2766	2.6289	-4.3177	-3.7164	0.8846
0.5291	1.89	0.5047	21.0630	22.5677	-6.3782	-11.2812	2.6233	-4.0486	-3.3457	1.2513
0.5291	1.87	0.5408	21.0630	22.6038	-6.3834	-11.3164	2.5801	-4.0694	-3.2678	1.2992
0.5291	1.86	0.5662	21.0630	22.6293	-6.3868	-11.3398	2.5530	-4.0370	-3.3808	1.1662
0.5290	1.87	0.5508	21.0607	22.6115	-6.3847	-11.3257	2.5694	-3.9400	-2.9709	1.5881
0.5290	1.87	0.5383	21.0607	22.5990	-6.3829	-11.3139	2.5832	-3.9100	-3.0435	1.5255
0.5290	1.88	0.5188	21.0583	22.5771	-6.3801	-11.2951	2.6063	-3.9112	-3.0442	1.5408
0.5289	1.89	0.4977	21.0560	22.5537	-6.3769	-11.2739	2.6334	-3.8251	-2.8542	1.7488
0.5289	1.90	0.4887	21.0560	22.5446	-6.3755	-11.2645	2.6457	-3.8432	-2.8217	1.7893
0.5289	1.92	0.4508	21.0560	22.5068	-6.3695	-11.2235	2.7025	-3.8372	-2.8418	1.8042
0.5288	1.88	0.5200	21.0512	22.5712	-6.3799	-11.2959	2.6060	-3.6632	-2.6940	1.8900
0.5288	1.88	0.5188	21.0512	22.5700	-6.3798	-11.2948	2.6074	-3.6563	-2.7088	1.8762
0.5288	1.90	0.4887	21.0512	22.5399	-6.3753	-11.2643	2.6465	-3.6664	-2.6943	1.9167
0.5285	1.76	0.8072	21.0394	22.8467	-6.4136	-11.5206	2.3871	-3.5773	-2.3782	2.0148
0.5280	1.86	0.5585	21.0183	22.5767	-6.3841	-11.3311	2.5677	-3.2942	-2.0659	2.4871
0.5280	1.86	0.5649	21.0183	22.5832	-6.3849	-11.3369	2.5610	-3.2936	-2.0654	2.4826
0.5280	1.88	0.5321	21.0183	22.5504	-6.3804	-11.3064	2.5967	-3.2952	-2.0695	2.5045
0.5271	1.97	0.3917	20.9832	22.3749	-6.3564	-11.1494	2.8269	-3.1526	-1.8230	2.8840
0.5271	1.97	0.3908	20.9832	22.3740	-6.3562	-11.1482	2.8289	-3.1468	-1.8282	2.8798
0.5271	1.97	0.3963	20.9832	22.3795	-6.3572	-11.1552	2.8170	-3.1526	-1.8215	2.8805
0.5256	1.85	0.5998	20.9253	22.5251	-6.3859	-11.3639	2.5413	-3.1280	-1.3986	3.1234
0.5256	1.88	0.5395	20.9253	22.4648	-6.3778	-11.3098	2.6025	-3.1373	-1.4056	3.1624
0.5256	1.90	0.5070	20.9230	22.4299	-6.3730	-11.2780	2.6422	-3.1280	-1.4155	3.1795

ANEXO A8.3 (continuação)

Ensaios de Adsorção - Determinação da actividade do Cobre

Características do solo

pH solo (H ₂ O; 1/2.5))	5.6
Soil pH (KCl; 1/2.5)	4.25
Matéria Orgânica solo %	0.8
CTC solo cmol/Kg	2.41
Cu EDTA solo (mg/Kg)	0.3184
Cu Total solo (HF) (mg/Kg)	26.5534
Ca 2+ de troca (cmol/Kg)	0.46
Peso molecular DOC	80
Cu extr.	0.5

Ensaios de Adsorção

Solo (g)-camada 0-10 cm	2
Solução (mL)	40
Solo/Solução	0.05
Electrólito	0.01M Ca(NO ₃) ₂
Cu adicionado (standard)	Cu(NO ₃) ₂
Ajustamento pH	0.1M HCl; 0.5M Ca(OH) ₂
Tempo de Equilíbrio	24 h; 25°C
Tratamentos pH	3.5; 4.5; 5; 5.5; 6; 6.5
Tratamentos Cu (ppm)	0.1; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1; 1.5; 3; 5; 10

Tratamento				mg L-1	mg L-1	mg Kg-1	g mL-1	mS cm-1	
pH	Cu	pH Inicial	pH Equil.	Cu Adicionado	Cu Solução	Cu Adsorvido	Solo/Sol.	gS/(gS+gL)	Cond. Eléctr.
6.5	0.1	6.547	4.795	0.089	0.013	1.520	0.05	0.0476	2.209
		6.547	4.788	0.089	0.013	1.526	0.05	0.0476	2.209
		6.547	4.720	0.089	0.015	1.478	0.05	0.0476	2.207
	0.2	6.499	4.741	0.153	0.029	2.468	0.05	0.0476	2.208
		6.499	4.716	0.153	0.028	2.498	0.05	0.0476	2.207
		6.499	4.685	0.153	0.029	2.482	0.05	0.0476	2.206
	0.4	6.540	4.551	0.331	0.072	5.176	0.05	0.0476	2.206
		6.540	4.652	0.331	0.070	5.212	0.05	0.0476	2.207
	0.8	6.478	4.783	0.672	0.204	9.366	0.05	0.0476	2.213
		6.478	4.791	0.672	0.214	9.164	0.05	0.0476	2.213
		6.478	4.802	0.672	0.214	9.168	0.05	0.0476	2.214
	1.0	6.528	4.729	0.900	0.339	11.220	0.05	0.0476	2.213
		6.528	4.721	0.900	0.333	11.340	0.05	0.0476	2.212
		6.528	4.671	0.900	0.317	11.660	0.05	0.0476	2.211
	1.5	6.508	4.646	1.430	0.540	17.800	0.05	0.0476	2.215
		6.508	4.662	1.430	0.436	19.880	0.05	0.0476	2.215
		6.508	4.722	1.430	0.620	16.200	0.05	0.0476	2.216
	3.0	6.529	4.740	3.000	1.260	34.800	0.05	0.0476	2.228
		6.529	4.780	3.000	1.190	36.200	0.05	0.0476	2.229
	5.0	6.487	4.689	4.700	2.700	40.000	0.05	0.0476	2.238
		6.487	4.697	4.700	2.600	42.000	0.05	0.0476	2.238
	10.0	6.503	4.721	9.350	6.100	65.000	0.05	0.0476	2.272
		6.503	4.757	9.350	6.100	65.000	0.05	0.0476	2.273
		6.503	4.743	9.350	6.000	67.000	0.05	0.0476	2.272

ANEXO A8.3 - Ensaios de Adsorção. Determinação da Actividade do Cobre

	ppm C	mol m-3	mol m-3	mol m-3	mol m-3	mol m-3		mol Kg-1	mol m-3	mol m-3
Coef. Activ.	DOC	H2HUM	CaHHUM	Total HUM	log(HDOC)	log(DOC)	Quota Cu	log QCu	log(aCu)	log(aCu)+pH
0.5289	2.02	0.3199	21.0560	22.3758	-6.3446	-11.0496	3.0094	-4.5383	-4.1676	0.6274
0.5289	2.02	0.3251	21.0560	22.3810	-6.3458	-11.0578	2.9922	-4.5369	-4.1753	0.6127
0.5290	1.97	0.3802	21.0607	22.4409	-6.3572	-11.1372	2.8396	-4.5483	-4.0774	0.6426
0.5290	1.99	0.3622	21.0583	22.4206	-6.3536	-11.1126	2.8841	-4.3578	-3.7977	0.9433
0.5290	1.97	0.3837	21.0607	22.4444	-6.3579	-11.1419	2.8314	-4.3531	-3.8126	0.9034
0.5291	1.95	0.4121	21.0630	22.4751	-6.3632	-11.1782	2.7707	-4.3556	-3.7908	0.8942
0.5291	1.88	0.5610	21.0630	22.6241	-6.3861	-11.3351	2.5583	-4.0630	-3.3531	1.1979
0.5290	1.93	0.4446	21.0607	22.5053	-6.3687	-11.2167	2.7119	-4.0602	-3.3894	1.2626
0.5287	2.02	0.3289	21.0465	22.3754	-6.3462	-11.0632	2.9819	-3.8169	-2.9684	1.8146
0.5287	2.02	0.3228	21.0465	22.3694	-6.3449	-11.0539	3.0013	-3.8261	-2.9502	1.8408
0.5286	2.03	0.3148	21.0441	22.3589	-6.3430	-11.0410	3.0292	-3.8259	-2.9546	1.8474
0.5287	1.98	0.3724	21.0465	22.4189	-6.3552	-11.1262	2.8607	-3.7409	-2.7294	1.9996
0.5287	1.97	0.3793	21.0489	22.4282	-6.3566	-11.1356	2.8437	-3.7364	-2.7345	1.9865
0.5288	1.94	0.4256	21.0512	22.4768	-6.3651	-11.1941	2.7470	-3.7246	-2.7409	1.9301
0.5285	1.92	0.4508	21.0418	22.4926	-6.3689	-11.2229	2.7048	-3.5449	-2.5028	2.1432
0.5285	1.93	0.4345	21.0418	22.4763	-6.3662	-11.2042	2.7325	-3.4977	-2.6002	2.0618
0.5285	1.98	0.3784	21.0394	22.4179	-6.3561	-11.1341	2.8474	-3.5851	-2.4651	2.2569
0.5278	1.99	0.3631	21.0112	22.3743	-6.3520	-11.1120	2.8904	-3.2575	-2.1637	2.5763
0.5277	2.02	0.3311	21.0089	22.3400	-6.3452	-11.0652	2.9818	-3.2406	-2.2020	2.5780
0.5272	1.96	0.4083	20.9879	22.3962	-6.3596	-11.1706	2.7910	-3.1976	-1.8175	2.8715
0.5272	1.96	0.4009	20.9879	22.3887	-6.3582	-11.1612	2.8064	-3.1765	-1.8363	2.8607
0.5252	1.99	0.3793	20.9092	22.2885	-6.3511	-11.1301	2.8684	-2.9880	-1.4754	3.2456
0.5252	2.01	0.3491	20.9069	22.2560	-6.3450	-11.0880	2.9471	-2.9880	-1.4872	3.2698
0.5252	2.00	0.3606	20.9092	22.2697	-6.3475	-11.1045	2.9154	-2.9749	-1.4896	3.2534

ANEXO A9

ESPECIAÇÃO DO COBRE NO SOLO (mg kg⁻¹)

Profundidade	Total (a)	Ads. + Compl. (b)	de Troca (c)	Solúvel (d)
2,5	3.9216	0.2647	0.0759	0.00296
7,5	49.1852	0.2588	0.0276	0.00186
15	19.4303	0.0538	0.0942	0.00093
25	36.7184	0.1533	0.0312	0.00076
35	4.8698	0.1082	0.0150	0.00042
45	5.0621	0.0809	0.0200	0.00033
55	2.5768	0.0735	0.0108	0.00063
65	9.0464	0.1413	0.0975	0.00046
75	47.3495	0.1278	0.1029	0.00026
85	26.8073	0.0626	0.1298	0.00033
95	9.4049	0.1752	0.0081	0.00025

(a) - Cu extraído com ataque tri-ácido

(b) - Cu extraído com EDTA 0.05M - Cu extraído com acetato de amônio 1M - Cu solúvel

(c) - Cu extraído com acetato de amônio 1M - Cu solúvel

(d) - Cu obtido através de extracto de saturação

ESPECIAÇÃO DO ZINCO NO SOLO (mg kg⁻¹)

Profundidade	Total (a)	Ads. + Compl. (b)	de Troca (c)	Solúvel (d)
2,5	3.9216	0.5637	0.3370	0.00967
7,5	49.1852	0.6522	0.0892	0.00676
15	19.4303	0.2294	0.0074	0.01660
25	36.7184	0.1436	0.0176	0.01444
35	4.8698	0.0918	0.1228	0.00520
45	5.0621	0.1280	0.0082	0.00941
55	2.5768	0.1611	0.0099	0.00448
65	9.0464	0.0169	0.0139	0.00210
75	47.3495	0.0323	0.0143	0.00172
85	26.8073	0.0139	0.0525	0.00345
95	9.4049	0.0098	0.0543	0.00171

ANEXO A9 (Continuação)

ESPECIAÇÃO DO ALUMÍNIO NO SOLO (mg kg⁻¹)

Profundidade	Total (a)	Ads. + Compl. (b)	de Troca (c)	Solúvel (d)
2,5		45.3228	0.6218	0.29015
7,5		41.8484	0.7827	0.57194
15		41.1251	0.7154	0.36726
25		34.1598	1.0415	0.21187
35		27.5667	1.1947	0.06930
45		22.8181	1.1681	0.03195
55		16.0534	0.5254	0.21059
65		22.2916	1.0043	0.04375
75		22.2849	1.0289	0.04312
85		19.3779	1.5389	0.02905
95		29.2859	0.2459	0.03410

ESPECIAÇÃO DO FERRO NO SOLO (mg kg⁻¹)

Profundidade	Total (a)	Ads. + Compl. (b)	de Troca (c)	Solúvel (d)
2,5		19.2320	0.7900	0.18066
7,5		16.4675	0.1675	0.43254
15		9.1458	0.1392	0.20749
25		7.3257	0.0293	0.35999
35		5.3260	0.4000	0.51204
45		3.6366	0.3423	0.02307
55		3.6769	0.0469	0.11309
65		14.4595	0.5435	0.24849
75		17.5942	0.5849	0.26047
85		19.0883	0.8536	0.02905
95		18.0597	0.2377	0.02635

ANEXO A9 (Continuação)

ESPECIAÇÃO DO MANGANÊS NO SOLO (mg kg⁻¹)

Profundidade	Total (a)	Ads. + Compl. (b)	de Troca (c)	Solúvel (d)
2.5		20.3833	14.3200	0.20986
7.5		16.5250	12.5813	0.20294
15		6.4500	5.9093	0.14524
25		4.8825	3.4000	0.17437
35		6.1250	4.4240	0.17517
45		5.6500	3.8480	0.17217
55		6.1250	4.0560	0.19304
65		1.6575	1.1520	0.24849
75		1.6075	0.9600	0.21389
85		1.0117	0.7600	0.16343
95		0.7917	1.3680	0.11780

ANEXO A10.1

Titulação do DOC do Solo - Amostra 1

Solo (g) 50
 Amostra (mL) 19.33
 DOC (mg C L⁻¹) 262

mL		mL	equiv.	equiv.	equiv.	moles
NaOH 0.05M	pH	Vol. Amostra	H+	OH-	Delta	OH- Adic.
0.00	2.47	22.23	0.08187506	7.361E-11		
0.20	2.51	22.43	0.07534275	8.1438E-11	0.00653231	0.0100
0.40	2.57	22.63	0.06620591	9.4338E-11	0.00913684	0.0100
0.60	2.66	22.83	0.05428978	1.1709E-10	0.01191612	0.0100
0.80	2.77	23.03	0.04251147	1.5216E-10	0.01177831	0.0100
1.00	2.90	23.23	0.03178787	2.0704E-10	0.0107236	0.0100
1.20	3.08	23.43	0.02118285	3.1606E-10	0.01060501	0.0100
1.30	3.20	23.53	0.01613742	4.1843E-10	0.00504543	0.0050
1.40	3.34	23.63	0.01174021	5.8005E-10	0.00439721	0.0050
1.50	3.52	23.73	0.00778951	8.8165E-10	0.00395071	0.0050
1.60	3.76	23.83	0.00450128	1.5386E-09	0.00328822	0.0050
1.70	4.09	23.93	0.00211424	3.3033E-09	0.00238704	0.0050
1.80	4.51	24.03	0.00080717	8.7248E-09	0.00130708	0.0050
1.85	4.75	24.08	0.00046545	1.5193E-08	0.00034173	0.0025
1.90	5.02	24.13	0.00025048	2.835E-08	0.00021498	0.0025
1.95	5.32	24.18	0.0001258	5.6683E-08	0.00012471	0.0025
2.00	5.70	24.23	5.2549E-05	1.3626E-07	7.3327E-05	0.0025
2.05	6.13	24.28	1.9564E-05	3.6749E-07	3.3216E-05	0.0025
2.10	6.62	24.33	6.3439E-06	1.138E-06	1.3991E-05	0.0025
2.15	7.21	24.38	1.634E-06	4.4364E-06	8.0083E-06	0.0025
2.20	7.81	24.43	4.1128E-07	1.7698E-05	1.4484E-05	0.0025
2.25	8.26	24.48	1.4623E-07	4.9982E-05	3.2549E-05	0.0025
2.30	8.67	24.53	5.7005E-08	0.00012874	7.8843E-05	0.0025
2.35	9.07	24.58	2.274E-08	0.00032403	0.00019533	0.0025
2.40	9.41	24.63	1.0415E-08	0.00071034	0.00038632	0.0025
2.45	9.69	24.68	5.4772E-09	0.00135627	0.00064593	0.0025
2.50	9.92	24.73	3.2317E-09	0.00230794	0.00095167	0.0025
2.55	10.14	24.78	1.9513E-09	0.00383797	0.00153003	0.0025
2.60	10.31	24.83	1.3219E-09	0.00568822	0.00185026	0.0025
2.70	10.59	24.93	4.4971E-10	0.01685475	0.01116653	0.0050
2.80	10.78	25.03	3.2709E-10	0.02335936	0.00650461	0.0050
2.90	10.92	25.13	2.6693E-10	0.0288531	0.00549375	0.0050
3.00	11.01	25.23	2.1288E-10	0.03646845	0.00761534	0.0050

meq	meq/g	meq/g	meq/g	
Cargas	Cargas/g C	Cargas Acum.	Cargas/(g C ΔpH)	pH médio
0.003467685	0.684709815	0.68470982	17.11774539	2.490
0.000863159	0.170434508	0.85514432	2.84057514	2.540
-0.001916125	-0.378347294	0.47679703	-4.20385883	2.615
-0.001778312	-0.351135464	0.12566157	-3.19214058	2.715
-0.000723602	-0.142878457	-0.01721689	-1.09906505	2.835
-0.000605013	-0.119462554	-0.13667945	-0.66368085	2.990
-4.54336E-05	-0.00897107	-0.14565052	-0.07475892	3.140
0.000602791	0.119023689	0.11005262	0.85016921	3.270
0.001049295	0.207187898	0.31724052	1.15104388	3.430
0.001711775	0.337997608	0.65523813	1.40832337	3.640
0.002612959	0.515940329	1.17117845	1.56345554	3.925
0.003692923	0.72918405	1.90036250	1.73615250	4.300
0.002158267	0.426159375	2.32652188	1.77566406	4.630
0.002285019	0.451187191	2.77770907	1.67106367	4.885
0.00237529	0.469011542	3.24672061	1.56337181	5.170
0.002426673	0.479157322	3.72587793	1.26094032	5.510
0.002466784	0.487077353	4.21295529	1.13273803	5.915
0.002486009	0.490873503	4.70382879	1.00178266	6.375
0.002491992	0.492054765	5.19588356	0.83399113	6.915
0.002485516	0.490776067	5.68665962	0.81796011	7.510
0.002467451	0.487209134	6.17386876	1.08268697	8.035
0.002421157	0.478068196	6.65193695	1.16601999	8.465
0.002304673	0.455067964	7.10700492	1.13766991	8.870
0.002113678	0.417355102	7.52436002	1.22751501	9.240
0.001854065	0.366093353	7.89045337	1.30747626	9.550
0.001548327	0.305723956	8.19617733	1.32923459	9.805
0.000969969	0.191524669	8.38770200	0.87056668	10.030
0.000649743	0.128294541	8.51599654	0.75467377	10.225
-0.006166525	-1.217607616	7.29838892	-2.59065450	10.545
-0.001504607	-0.297091239	7.00129768	-0.90027648	10.755
-0.000493745	-0.097492214	6.90380547	-0.42387919	10.895
-0.002615345	-0.516411416	6.38739405	-2.71795482	11.015

ANEXO A10.2

Titulação do DOC do Solo - Amostra 2

Solo (g) 50
 Amostra (mL) 19.96
 DOC (mg C L-1) 271.5

mL		mL	equiv.	equiv.	equiv.	moles
NaOH 0.05M	pH	Vol. Amostra	H+	OH-	Delta	OH- Adic.
0.00	2.47	22.85	0.08415858	7.5663E-11		
0.20	2.57	23.05	0.06743465	9.6088E-11	0.01672393	0.0100
0.40	2.60	23.25	0.06347974	1.0385E-10	0.00395491	0.0100
0.60	2.69	23.45	0.05204212	1.2887E-10	0.01143761	0.0100
0.80	2.80	23.65	0.04074209	1.6743E-10	0.01130003	0.0100
1.00	2.95	23.85	0.02908711	2.385E-10	0.01165498	0.0100
1.20	3.14	24.05	0.0189377	3.7249E-10	0.01014941	0.0100
1.30	3.27	24.15	0.01409708	5.0457E-10	0.00484062	0.0050
1.40	3.44	24.25	0.00957026	7.494E-10	0.00452682	0.0050
1.50	3.65	24.35	0.00592531	1.2204E-09	0.00364495	0.0050
1.60	3.94	24.45	0.00305134	2.3893E-09	0.00287397	0.0050
1.70	4.35	24.55	0.00119197	6.1667E-09	0.00185938	0.0050
1.75	4.60	24.60	0.00067166	1.0988E-08	0.00052031	0.0025
1.80	4.84	24.65	0.00038728	1.9134E-08	0.00028438	0.0025
1.85	5.15	24.70	0.00019007	3.9147E-08	0.00019724	0.0025
1.90	5.50	24.75	8.5072E-05	8.7816E-08	0.00010504	0.0025
1.95	5.89	24.80	3.4727E-05	2.16E-07	5.0474E-05	0.0025
2.00	6.33	24.85	1.2634E-05	5.9611E-07	2.2473E-05	0.0025
2.05	6.79	24.90	4.3895E-06	1.7227E-06	9.371E-06	0.0025
2.10	7.42	24.95	1.0311E-06	7.3633E-06	8.999E-06	0.0025
2.15	7.98	25.00	2.8455E-07	2.6788E-05	2.0171E-05	0.0025
2.20	8.47	25.05	9.2261E-08	8.2948E-05	5.6353E-05	0.0025
2.25	8.91	25.10	3.3565E-08	0.00022891	0.00014603	0.0025
2.30	9.28	25.15	1.4347E-08	0.0005377	0.0003088	0.0025
2.35	9.59	25.20	7.0406E-09	0.00110002	0.00056233	0.0025
2.40	9.81	25.25	4.2508E-09	0.0018292	0.00072918	0.0025
2.45	10.01	25.30	2.6874E-09	0.00290483	0.00107563	0.0025
2.50	10.20	25.35	1.7386E-09	0.00450794	0.00160311	0.0025
2.55	10.35	25.40	1.2332E-09	0.00638019	0.00187225	0.0025
2.60	10.45	25.45	6.052E-10	0.01305232	0.00667213	0.0025
2.70	10.66	25.55	4.2034E-10	0.01894048	0.00588815	0.0050
2.80	10.82	25.65	3.2011E-10	0.02506613	0.00612566	0.0050
2.90	10.94	25.75	2.5526E-10	0.03167942	0.00661329	0.0050
3.00	11.04	25.85	2.1314E-10	0.03823495	0.00655553	0.0050

meq	meq/g	meq/g	meq/g	
Cargas	Cargas/g C	Cargas Acum.	Cargas/(g C ΔpH)	pH médio
-0.006723927	-1.240773738	-1.240773738	-12.40773738	2.520
0.006045089	1.115507156	-0.125266582	37.18357188	2.585
-0.001437614	-0.265284503	-0.390551085	-2.94760559	2.645
-0.001300034	-0.239896647	-0.630447732	-2.180878613	2.745
-0.001654983	-0.305395789	-0.935843521	-2.035971925	2.875
-0.000149408	-0.027570438	-0.963413959	-0.145107569	3.045
0.000159384	0.029411237	0.001840799	0.226240283	3.205
0.000473179	0.087316261	0.08915706	0.513625066	3.355
0.001355046	0.250048241	0.339205301	1.19070591	3.545
0.002126031	0.392318899	0.7315242	1.352823791	3.795
0.003140619	0.579541888	1.311066089	1.413516801	4.145
0.001979686	0.365313742	1.676379831	1.461254968	4.475
0.002215619	0.40885064	2.085230471	1.703544332	4.720
0.002302764	0.424931714	2.510162185	1.370747465	4.995
0.002394955	0.441943818	2.952106003	1.262696622	5.325
0.002449526	0.452013862	3.404119865	1.159009903	5.695
0.002477527	0.457180862	3.861300726	1.039047413	6.110
0.002490629	0.459598568	4.320899294	0.999127321	6.560
0.002491001	0.459667214	4.780566508	0.729630498	7.105
0.002479829	0.457605593	5.238172101	0.817152845	7.700
0.002443647	0.450928995	5.689101096	0.920263254	8.225
0.002353975	0.434381642	6.123482737	0.987231003	8.690
0.002191198	0.404344239	6.527826976	1.092822266	9.095
0.00193767	0.357560473	6.885387449	1.153420881	9.435
0.001770816	0.326770725	7.212158174	1.485321479	9.700
0.001424371	0.262840704	7.474998878	1.314203521	9.910
0.000896889	0.165504012	7.64050289	0.871073745	10.105
0.000627746	0.115838724	7.756341614	0.77225816	10.275
-0.004172131	-0.769888085	6.986453529	-2.48350995	10.505
-0.000888155	-0.163892172	6.822561357	-0.442951817	10.635
-0.001125658	-0.207718965	6.614842392	-0.741853447	10.800
-0.001613286	-0.297701516	6.317140875	-1.353188711	10.930
-0.001555531	-0.28704389	6.030096985	-1.59468828	11.030

ANEXO A10.3

Titulação do DOC do Solo - Amostra 3

Solo (g) 25
Amostra (mL) 19.84
DOC (mg C L-1) 174.5

mL		mL	equiv.	equiv.	equiv.	moles
NaOH 0.05M	pH	Vol. Amostra	H+	OH-	Delta	OH- Adic.
0.00	2.41	22.23	0.09400515	6.4112E-11		
0.20	2.47	22.43	0.08261168	7.4273E-11	0.01139347	0.0100
0.40	2.54	22.63	0.07094091	8.8041E-11	0.01167077	0.0100
0.60	2.64	22.83	0.05684838	1.1182E-10	0.01409253	0.0100
0.80	2.75	23.03	0.04451497	1.4531E-10	0.01233341	0.0100
1.00	2.90	23.23	0.03178787	2.0704E-10	0.01272711	0.0100
1.10	2.99	23.33	0.02594938	2.5581E-10	0.00583849	0.0050
1.20	3.10	23.43	0.02022947	3.3096E-10	0.00571991	0.0050
1.30	3.25	23.53	0.01438249	4.6949E-10	0.00584698	0.0050
1.40	3.43	23.63	0.0095428	7.1361E-10	0.00483969	0.0050
1.50	3.69	23.73	0.00526635	1.3041E-09	0.00427645	0.0050
1.60	4.07	23.83	0.00220463	3.1414E-09	0.00306172	0.0050
1.65	4.32	23.88	0.00124236	5.598E-09	0.00096228	0.0025
1.70	4.63	23.93	0.00060975	1.1454E-08	0.00063261	0.0025
1.75	4.98	23.98	0.00027294	2.5695E-08	0.00033683	0.0025
1.80	5.44	24.03	9.4834E-05	7.426E-08	0.00017815	0.0025
1.85	6.00	24.08	2.6174E-05	2.7018E-07	6.8856E-05	0.0025
1.90	6.67	24.13	5.6075E-06	1.2664E-06	2.1563E-05	0.0025
1.95	7.42	24.18	9.9924E-07	7.136E-06	1.0478E-05	0.0025
2.00	8.09	24.23	2.1407E-07	3.3447E-05	2.7096E-05	0.0025
2.05	8.76	24.28	4.5863E-08	0.00015676	0.00012349	0.0025
2.10	9.27	24.33	1.4202E-08	0.00050833	0.00035159	0.0025
2.15	9.70	24.38	5.2874E-09	0.00137099	0.00086267	0.0025
2.20	10.00	24.43	2.6554E-09	0.00274109	0.00137011	0.0025
2.25	10.22	24.48	1.6033E-09	0.00455839	0.0018173	0.0025
2.30	10.38	24.53	1.1115E-09	0.00660233	0.00204395	0.0025
2.35	10.51	24.58	8.2565E-10	0.00892446	0.00232212	0.0025
2.40	10.62	24.63	6.4221E-10	0.01152032	0.00259586	0.0025
2.50	10.78	24.73	4.461E-10	0.01671953	0.00519922	0.0050
2.60	10.90	24.83	2.6989E-10	0.02785972	0.01114019	0.0050
2.70	11.00	24.93	2.2539E-10	0.03362964	0.00576993	0.0050
2.80	11.08	25.03	1.9261E-10	0.03966988	0.00604023	0.0050

meq	meq/g	meq/g	meq/g	
Cargas	Cargas/g C	Cargas Acum.	Cargas/(g C ΔpH)	pH médio
-0.001393469	-0.402494755	-0.402494755	-6.708245924	2.440
-0.001670773	-0.482592307	-0.885087062	-6.894175808	2.505
-0.004092527	-1.182100514	-2.067187576	-11.82100514	2.590
-0.002333406	-0.673989691	-2.741177267	-6.127179007	2.695
-0.002727106	-0.7877074	-3.528884668	-5.25138267	2.825
-0.000838491	-0.242192885	-3.771077552	-2.691032052	2.945
-0.000719908	-0.20794079	-3.979018343	-1.890370822	3.045
-0.000846977	-0.244644111	-4.223662454	-1.63096074	3.175
0.000160311	0.04630474	-0.198339371	0.257248556	3.340
0.00072355	0.208992902	0.010653531	0.803818856	3.560
0.001938278	0.559859501	0.570513033	1.473314477	3.880
0.001537722	0.444161381	1.014674414	1.776645524	4.195
0.001867391	0.539384186	1.5540586	1.739948989	4.475
0.002163168	0.624817391	2.178875991	1.785192544	4.805
0.00232185	0.670651606	2.849527597	1.457938274	5.210
0.002431144	0.702220509	3.551748106	1.253965196	5.720
0.002478437	0.715881034	4.267629141	1.068479156	6.335
0.002489522	0.719082768	4.986711909	0.958777024	7.045
0.002472904	0.714282787	5.700994696	1.066093712	7.755
0.002376514	0.686440998	6.387435694	1.024538804	8.425
0.002148407	0.620553955	7.00798965	1.216772461	9.015
0.001637329	0.472932076	7.480921726	1.099842038	9.485
0.001129894	0.32636289	7.807284616	1.087876301	9.850
0.000682701	0.197193803	8.004478419	0.896335468	10.110
0.000456054	0.131728309	8.136206729	0.823301932	10.300
0.000177876	0.051378363	8.187585091	0.395218175	10.445
-9.58581E-05	-0.027688016	8.159897075	-0.251709238	10.565
-0.000199216	-0.057542185	8.10235489	-0.359638656	10.700
-0.006140186	-1.773554168	6.328800722	-8.061609856	10.890
-0.000769926	-0.222388416	6.106412306	-1.2354912	10.990
-0.001040232	-0.300464454	5.805947852	-2.00309636	11.075

ANEXO A10.4

Titulação do DOC do Solo - Amostra 4

Solo (g) 25
 Amostra (mL) 20.38
 DOC (mg C L-1) 149.2

mL		mL	equiv.	equiv.	equiv.	moles
NaOH 0.05M	pH	Vol. Amostra	H+	OH-	Delta	OH- Adic.
0.00	2.42	22.68	0.09372495	6.6933E-11		
0.20	2.48	22.88	0.08235087	7.7528E-11	0.01137408	0.0100
0.40	2.56	23.08	0.06909522	9.4023E-11	0.01325565	0.0100
0.60	2.65	23.28	0.05664938	1.1668E-10	0.01244584	0.0100
0.80	2.77	23.48	0.04334213	1.5513E-10	0.01330725	0.0100
1.00	2.92	23.68	0.03094524	2.2099E-10	0.01239689	0.0100
1.10	3.02	23.78	0.02468448	2.7939E-10	0.00626076	0.0050
1.20	3.14	23.88	0.01880384	3.6986E-10	0.00588064	0.0050
1.30	3.29	23.98	0.01336784	5.2463E-10	0.00543599	0.0050
1.40	3.50	24.08	0.00827692	8.5439E-10	0.00509093	0.0050
1.50	3.79	24.18	0.00426254	1.6728E-09	0.00401438	0.0050
1.55	4.01	24.23	0.00257375	2.782E-09	0.0016888	0.0025
1.60	4.29	24.28	0.00135351	5.3119E-09	0.00122024	0.0025
1.65	4.63	24.33	0.00061995	1.1645E-08	0.00073357	0.0025
1.70	5.04	24.38	0.00024168	2.9994E-08	0.00037828	0.0025
1.75	5.54	24.43	7.6584E-05	9.5044E-08	0.00016516	0.0025
1.80	6.11	24.48	2.0655E-05	3.5384E-07	5.6187E-05	0.0025
1.85	6.76	24.53	4.6335E-06	1.5838E-06	1.7251E-05	0.0025
1.90	7.55	24.58	7.53E-07	9.7855E-06	1.2082E-05	0.0025
1.95	8.26	24.63	1.4712E-07	5.0288E-05	4.1108E-05	0.0025
2.00	8.92	24.68	3.2252E-08	0.00023033	0.00018015	0.0025
2.05	9.41	24.73	1.0458E-08	0.00071322	0.00048292	0.0025
2.10	9.75	24.78	4.7898E-09	0.00156351	0.0008503	0.0025
2.20	10.22	24.88	1.6295E-09	0.00463287	0.00306936	0.0050
2.30	10.50	24.98	8.5863E-10	0.00886324	0.00423037	0.0050
2.40	10.70	25.08	5.4393E-10	0.01410352	0.00524028	0.0050
2.50	10.84	25.18	3.9561E-10	0.0195459	0.00544238	0.0050
2.60	10.95	25.28	3.0831E-10	0.02528	0.0057341	0.0050
2.70	11.04	25.38	2.516E-10	0.03122422	0.00594422	0.0050
2.80	11.11	25.48	1.8298E-10	0.04327125	0.01204703	0.0050

meq	meq/g	meq/g	meq/g	
Cargas	Cargas/g C	Cargas Acum.	Cargas/(g C ΔpH)	pH médio
-0.001374081	-0.451896861	-0.451896861	-7.531614354	2.450
-0.003255654	-1.070693847	-1.522590708	-13.38367308	2.520
-0.002445837	-0.804367611	-2.326958319	-8.937417904	2.605
-0.003307247	-1.087661159	-3.414619479	-9.063842994	2.710
-0.00239689	-0.788270332	-4.20288981	-5.255135544	2.845
-0.001260759	-0.414628388	-4.617518198	-4.146283878	2.970
-0.000880645	-0.289619423	-4.907137621	-2.413495194	3.080
-0.000435994	-0.143386394	-5.050524016	-0.955909296	3.215
-9.09257E-05	-0.029902938	-5.080426954	-0.142394945	3.395
0.000985621	0.324143271	0.294240333	1.117735418	3.645
0.000811204	0.266782439	0.561022772	1.212647448	3.900
0.00127976	0.420877371	0.981900142	1.503133467	4.150
0.001766432	0.580930214	1.562830356	1.708618277	4.460
0.002121718	0.697773774	2.260604131	1.701887255	4.835
0.002334836	0.767862244	3.028466375	1.535724488	5.290
0.002443813	0.803701701	3.832168076	1.410002984	5.825
0.002482749	0.816506693	4.648674769	1.256164144	6.435
0.002487918	0.81820669	5.466881459	1.03570467	7.155
0.002458892	0.808660778	6.275542236	1.138958842	7.905
0.002319846	0.762932557	7.038474793	1.15595842	8.590
0.002017084	0.663362722	7.701837516	1.353801474	9.165
0.001649703	0.542541255	8.24437877	1.595709573	9.580
0.001930636	0.634932378	8.879311149	1.350919954	9.985
0.000769634	0.253110986	9.132422135	0.903967806	10.360
-0.000240282	-0.079022134	9.0534	-0.395110671	10.600
-0.000442382	-0.145487122	8.907912879	-1.039193727	10.770
-0.000734098	-0.24142423	8.666488649	-2.194765728	10.895
-0.000944221	-0.31052807	8.355960579	-3.450311887	10.995
-0.007047027	-2.317570362	6.038390216	-16.55407402	11.110

ANEXO A10.5

Titulação do DOC do Solo - Amostra 5

Solo (g) 25
 Amostra (mL) 20.17
 DOC (mg C L⁻¹) 815.8

mL		mL	equiv.	equiv.	equiv.	moles
NaOH 0.1 M	pH	Vol. Amostra	H+	OH-	Delta	OH- Adic.
0.00	2.64	23.48	0.05846693	1.15E-10		
0.20	2.79	23.68	0.04174398	1.6383E-10	0.01672295	0.0200
0.40	2.98	23.88	0.02717981	2.5588E-10	0.01456417	0.0200
0.60	3.22	24.08	0.01577134	4.4839E-10	0.01140847	0.0200
0.80	3.50	24.28	0.00834566	8.6149E-10	0.00742568	0.0200
0.90	3.66	24.38	0.00579757	1.2504E-09	0.0025481	0.0100
1.00	3.86	24.48	0.00367302	1.9898E-09	0.00212455	0.0100
1.10	4.10	24.58	0.00212224	3.472E-09	0.00155079	0.0100
1.20	4.43	24.68	0.00099668	7.4532E-09	0.00112556	0.0100
1.30	4.81	24.78	0.00041717	1.7952E-08	0.00057952	0.0100
1.40	5.22	24.88	0.00016295	4.6329E-08	0.00025425	0.0100
1.50	5.67	24.98	5.805E-05	1.311E-07	0.00010499	0.0100
1.60	6.00	25.08	2.7261E-05	2.814E-07	3.094E-05	0.0100
1.70	6.45	25.18	9.7111E-06	7.9626E-07	1.8065E-05	0.0100
1.80	6.85	25.28	3.8814E-06	2.0081E-06	7.0415E-06	0.0100
1.90	7.14	25.38	1.9985E-06	3.9309E-06	3.8057E-06	0.0100
2.00	7.54	25.48	7.9875E-07	9.9129E-06	7.1817E-06	0.0100
2.10	7.94	25.58	3.1924E-07	2.4998E-05	1.5564E-05	0.0100
2.20	8.26	25.68	1.5339E-07	5.2432E-05	2.76E-05	0.0100
2.30	8.57	25.78	7.5421E-08	0.00010747	5.5115E-05	0.0100
2.40	8.80	25.88	4.4584E-08	0.00018322	7.5778E-05	0.0100
2.50	9.01	25.98	2.7596E-08	0.00029829	0.00011509	0.0100
2.60	9.18	26.08	1.8729E-08	0.0004429	0.00014462	0.0100
2.70	9.31	26.18	1.3937E-08	0.00059975	0.00015685	0.0100
2.80	9.45	26.28	1.0135E-08	0.00083105	0.0002313	0.0100
2.90	9.58	26.38	7.542E-09	0.00112532	0.00029427	0.0100
3.00	9.74	26.48	5.2376E-09	0.00163274	0.00050743	0.0100
3.10	9.93	26.58	3.3944E-09	0.00253837	0.00090563	0.0100
3.20	10.14	26.68	2.1009E-09	0.00413224	0.00159387	0.0100
3.30	10.49	26.78	5.4203E-10	0.01613655	0.0120043	0.0100
3.40	10.73	26.88	3.6783E-10	0.02395683	0.00782028	0.0100
3.50	10.90	26.98	2.6746E-10	0.03319265	0.00923583	0.0100
3.60	11.04	27.08	2.1324E-10	0.04194195	0.0087493	0.0100

meq	meq/g	meq/g	meq/g	
Cargas	Cargas/g C	Cargas Acum.	Cargas/(g C ΔpH)	pH médio
0.003277055	0.198499375	0.198499375	1.323329169	2.715
0.005435833	0.329261945	0.52776132	1.732957605	2.885
0.008591527	0.520410178	1.048171499	2.168375744	3.100
0.012574321	0.761657893	1.809829392	2.72020676	3.360
0.007451905	0.451380414	2.261209805	2.821127585	3.580
0.007875453	0.477035815	2.73824562	2.385179073	3.760
0.008449214	0.511789912	3.250035532	2.132457967	3.980
0.008874442	0.537547028	3.78758256	1.628930388	4.265
0.009420476	0.570621692	4.358204252	1.501636032	4.620
0.009745754	0.590324593	4.948528845	1.439816081	5.015
0.009895012	0.599365532	5.547894377	1.331923405	5.445
0.00996906	0.60385079	6.151745167	1.829850878	5.835
0.009981935	0.604630667	6.756375834	1.343623705	6.225
0.009992959	0.605298368	7.361674202	1.513245919	6.650
0.009996194	0.605494364	7.967168566	2.087911601	6.995
0.009992818	0.605289873	8.572458439	1.513224682	7.340
0.009984436	0.604782115	9.177240554	1.511955287	7.740
0.0099724	0.60405309	9.781293644	1.887665907	8.100
0.009944885	0.602386431	10.38368008	1.943182035	8.415
0.009924222	0.601134809	10.98481488	2.613629603	8.685
0.009884909	0.598753544	11.58356843	2.851207351	8.905
0.009855379	0.596964864	12.18053329	3.511558023	9.095
0.009843148	0.596223972	12.77675726	4.586338244	9.245
0.009768699	0.591714397	13.36847166	4.226531408	9.380
0.009705727	0.587900052	13.95637171	4.522308093	9.515
0.009492571	0.574988644	14.53136036	3.593679027	9.660
0.009094371	0.550868711	15.08222907	2.899309006	9.835
0.008406126	0.509179988	15.59140906	2.424666612	10.035
-0.002004305	-0.121405714	15.47000334	-0.205772396	10.435
0.00217972	0.132031085	15.60203443	0.322027036	10.695
0.000764174	0.046287902	15.64832233	0.149315812	10.885
0.001250697	0.075757851	15.72408018	0.315657711	11.020

ANEXO A10.6

Titulação do DOC do Solo - Amostra 6

Solo (g) 25
Amostra (mL) 20.25
DOC (mg C L-1) 807.1

mL		mL	equiv.	equiv.	equiv.	moles
NaOH 0.1 M	pH	Vol. Amostra	H+	OH-	Delta	OH- Adic.
0.00	2.71	23.50	0.049805813	1.35228E-10		
0.20	2.88	23.70	0.03395944	2.0172E-10	0.015846373	0.0200
0.40	3.08	23.90	0.021607776	3.22402E-10	0.012351664	0.0200
0.60	3.32	24.10	0.012538027	5.64959E-10	0.009069749	0.0200
0.80	3.61	24.30	0.006483633	1.11072E-09	0.006054395	0.0200
0.90	3.79	24.40	0.004301322	1.68807E-09	0.002182311	0.0100
1.00	4.02	24.50	0.002543187	2.8785E-09	0.001758137	0.0100
1.05	4.15	24.55	0.001889138	3.89091E-09	0.00065405	0.0050
1.10	4.31	24.60	0.001309626	5.63553E-09	0.000579514	0.0050
1.15	4.45	24.65	0.000950668	7.79501E-09	0.00035896	0.0050
1.20	4.65	24.70	0.000601048	1.23793E-08	0.000349625	0.0050
1.25	4.85	24.75	0.000380003	1.96596E-08	0.000221052	0.0050
1.30	5.07	24.80	0.000229437	3.26928E-08	0.000150579	0.0050
1.35	5.23	24.85	0.000159052	4.73507E-08	7.04001E-05	0.0050
1.40	5.45	24.90	9.6031E-05	7.87407E-08	6.30522E-05	0.0050
1.50	5.83	25.00	4.01932E-05	1.89644E-07	5.59488E-05	0.0100
1.60	6.15	25.10	1.93146E-05	3.97808E-07	2.10867E-05	0.0100
1.70	6.51	25.20	8.46472E-06	9.14957E-07	1.1367E-05	0.0100
1.80	6.82	25.30	4.16229E-06	1.87551E-06	5.26299E-06	0.0100
1.90	7.20	25.40	1.74199E-06	4.51683E-06	5.06162E-06	0.0100
2.00	7.50	25.50	8.76501E-07	9.04774E-06	5.3964E-06	0.0100
2.10	7.85	25.60	3.93054E-07	2.03348E-05	1.17705E-05	0.0100
2.20	8.18	25.70	1.84563E-07	4.36449E-05	2.35185E-05	0.0100
2.30	8.42	25.80	1.06618E-07	7.61412E-05	3.25743E-05	0.0100
2.40	8.67	25.90	6.01883E-08	0.000135925	5.98304E-05	0.0100
2.50	8.86	26.00	3.90109E-08	0.000211336	7.5432E-05	0.0100
2.60	9.02	26.10	2.70927E-08	0.000306648	9.53242E-05	0.0100
2.70	9.15	26.20	2.01611E-08	0.000415242	0.000108601	0.0100
2.80	9.30	26.30	1.43274E-08	0.000588784	0.000173547	0.0100
2.90	9.40	26.40	7.90344E-09	0.001075484	0.000486707	0.0100
3.00	9.56	26.50	5.36362E-09	0.001596783	0.000521302	0.0100
3.10	9.73	26.60	3.81148E-09	0.002264027	0.000667246	0.0100
3.20	9.88	26.70	2.2528E-09	0.003859324	0.001595299	0.0100
3.30	10.11	26.80	1.52879E-09	0.005729738	0.001870415	0.0100
3.40	10.28	26.90	1.21889E-09	0.007240229	0.001510491	0.0100
3.50	10.38	27.00	7.37184E-10	0.012060457	0.004820229	0.0100
3.60	10.60	27.10	4.88857E-10	0.018321849	0.006261392	0.0100
3.70	10.78	27.20	3.63732E-10	0.024806695	0.006484846	0.0100
3.80	10.91	27.30	2.83384E-10	0.032074703	0.007268008	0.0100
3.90	11.02	27.40	2.25924E-10	0.04052757	0.008452867	0.0100

meq	meq/g	meq/g	meq/g	
Cargas	Cargas/g C	Cargas Acum.	Cargas/(g C ΔpH)	pH médio
0.004153627	0.254141206	0.254141206	1.494948268	2.795
0.007648336	0.467966318	0.722107524	2.339831591	2.980
0.010930251	0.668771502	1.390879025	2.786547923	3.200
0.013945605	0.853267092	2.244146117	2.942300317	3.465
0.007817689	0.478328203	2.72247432	2.657378905	3.700
0.008241863	0.504281487	3.226755807	2.192528203	3.905
0.00434595	0.265908589	3.492664396	2.045450683	4.085
0.004420486	0.270469111	3.763133507	1.690431943	4.230
0.00464104	0.283963794	4.0470973	2.028312811	4.380
0.004650375	0.284534931	4.331632231	1.422674655	4.550
0.004778948	0.292401729	4.62403396	1.462008645	4.750
0.004849421	0.296713634	4.920747594	1.348698335	4.960
0.0049296	0.301619419	5.222367013	1.88512137	5.150
0.004936948	0.302069004	5.524436017	1.373040927	5.340
0.009944051	0.608430503	6.13286652	1.601132903	5.640
0.009978913	0.61056355	6.74343007	1.908011093	5.990
0.009988633	0.611158252	7.354588322	1.697661812	6.330
0.009994737	0.611531731	7.966120053	1.972683002	6.665
0.009994938	0.611544052	8.577664105	1.609326452	7.010
0.009994604	0.611523568	9.189187672	2.038411892	7.350
0.009988229	0.611133566	9.800321238	1.746095902	7.675
0.009976481	0.610414757	10.410736	1.849741689	8.015
0.009967426	0.609860679	11.02059667	2.541086162	8.300
0.00994017	0.608193005	11.62878968	2.432772021	8.545
0.009924568	0.607238415	12.23602809	3.195991656	8.765
0.009904676	0.606021299	12.84204939	3.787633118	8.940
0.009891399	0.605208975	13.44725837	4.655453653	9.085
0.009826453	0.601235181	14.04849355	4.008234541	9.225
0.009513293	0.582074417	14.63056797	2.238747757	9.430
0.009478698	0.57995772	15.21052569	1.757447637	9.565
0.009332754	0.571028062	15.78155375	1.784462695	9.720
0.008404701	0.514244808	16.29579856	1.35327581	9.920
0.008129585	0.49741171	16.79321027	1.243529274	10.08
0.008489509	0.519433819	17.31264409	1.92382896	10.245
0.005179771	0.31692624	17.62957032	0.990394499	10.44
0.003738608	0.228748138	17.85831846	0.571870346	10.58
0.003515154	0.215075995	18.07339446	0.693793534	10.755
0.002731992	0.167157924	18.24055238	0.69649135	10.9
0.001547133	0.094661934	18.33521432	0.450771116	11.015

ANEXO A11.1

Monitorização dos Talhões Experimentais - TALHÃO I

TALHÃO I - Controlo

(10 [^] (-pH)/0.85)*1000													
			40.08	24.312	39.102	22.9898	18.039	1	63.546	65.37	26.9815	55.847	54.9381
Amostr.	Tempo	Prof.	Ca2+	Mg2+	K+	Na+	NH4+	H+	Cu2+	Zn2+	AL3+	Fe 2+	Mn 2+
Nº	(Dias)	(cm)	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3
1	0	2.5	0.741	0.601	0.759	1.035	0.744	1.4015	0.00022	0.0046	0.1890	0.1622	0.2257
17/7/93	0	7.5	0.461	0.214	0.539	0.692	0.167	3.7808	0.00028	0.0040	0.1664	0.0063	0.0874
	0	15.0	0.359	0.156	0.330	0.500	0.091	0.3923	0.00009	0.0035	0.0612	0.0007	0.0151
	0	25.0	0.352	0.152	0.292	0.435	0.083	0.4950	0.000075	0.0063	0.0675	0.0006	0.0229
	0	35.0	0.297	0.173	0.304	0.370	0.139	0.5631	0.000076	0.0032	0.0393	0.0043	0.0182
	0	45.0	0.180	0.123	0.235	0.284	0.089	0.0691	0.000043	0.0031	0.0044	0.0007	0.0082
2	4	2.5	0.671	0.432	0.806	1.870	1.033	0.1088	0.00023	0.0031	0.0322	0.0066	0.0364
20/7/93	4	7.5	0.367	0.206	0.547	0.866	0.294	0.0625	0.00011	0.0028	0.0248	0.0038	0.0233
	4	15.0	0.275	0.161	0.463	0.626	0.067	0.0106	0.00004	0.0024	0.0119	0.0018	0.0120
3	11	2.5	1.140	0.950	0.916	2.062	0.744	0.0018	0.00021	0.0060	0.0152	0.0034	0.0446
27/7/93	11	7.5	0.587	0.189	0.414	0.816	0.159	0.0082	0.00007	0.0028	0.0133	0.0016	0.0138
	11	15.0	0.849	0.152	0.272	0.561	0.100	0.0028	0.00005	0.0026	0.0148	0.0043	0.0075
4	18	2.5	1.250	0.991	0.616	2.997	0.628	0.0075	0.00017	0.0035	0.0148	0.0038	0.0677
3/8/93	18	7.5	0.793	0.399	0.348	1.122	0.174	0.3094	0.00009	0.0057	0.0315	0.0054	0.0486
	18	15.0	0.332	0.169	0.105	0.770	0.106	0.0866	0.00007	0.0024	0.0241	0.0045	0.0186
5	74	2.5	1.759	1.422	0.989	3.880	1.402	0.0031	0.00025	0.0032	0.0133	0.0027	0.1403
28/9/93	74	7.5	0.704	0.412	0.420	2.084	0.355	1.6390	0.00016	0.0009	0.0423	0.0059	0.0102
	74	15.0	0.220	0.118	0.203	0.653	0.121	0.0165	0.00032	0.0052	0.0119	0.0030	0.0024
	74	25.0	0.155	0.090	0.151	0.422	0.105	0.0095	0.000158	0.0041	0.0052	0.0004	0.0009
	74	35.0	0.177	0.115	0.222	0.487	0.078	0.0084	0.000064	0.0004	0.0052	0.0015	0.0016
	74	45.0	0.122	0.074	0.152	0.661	0.078	0.0004	0.000026	0.0004	0.0363	0.0025	0.0024
	74	55.0	0.229	0.136	0.161	0.696	0.056	0.0005	0.000049	0.0010	0.0178	0.0007	0.0035
	74	65.0	0.173	0.093	0.117	0.493	0.107	0.0005	0.00012	0.0007	0.0048	0.0015	0.0031
	74	75.0	0.086	0.107	0.120	0.251	0.088	0.0039	0.000026	0.0006	0.0022	0.0008	0.0007
	74	85.0	0.193	0.173	0.160	0.217	0.039	0.2049	0.000051	0.0005	0.0278	0.0025	0.0046
	74	95.0	0.097	0.084	0.091	0.133	0.063	0.6992	0.000071	0.0011	0.0063	0.0029	0.0020
6	118	2.5	0.397	0.230	0.315	0.509	0.116	0.0016	0.00025	0.0024	0.0682	0.0177	0.0104
11/11/93	118	7.5	0.190	0.099	0.136	0.222	0.055	0.0044	0.00014	0.0038	0.0560	0.0140	0.0046
	118	15.0	0.212	0.115	0.174	0.322	0.055	0.0057	0.00006	0.0023	0.0285	0.0066	0.0044
	118	25.0	0.182	0.099	0.187	0.270	0.039	0.0063	0.000026	0.0041	0.0267	0.0047	0.0035
	118	35.0	0.157	0.060	0.136	0.188	0.026	0.0052	0.000085	0.0029	0.0374	0.0136	0.0038
	118	45.0	0.125	0.078	0.105	0.144	0.024	0.0047	0.000025	0.0052	0.0389	0.0088	0.0016
	118	55.0	0.120	0.066	0.118	0.186	0.020	0.0024	0.000048	0.0041	0.0582	0.0124	0.0075
	118	65.0	0.110	0.086	0.110	0.169	0.028	0.0055	0.000018	0.0044	0.0178	0.0047	0.0069
	118	75.0	0.089	0.075	0.088	0.274	0.090	0.0085	0.000025	0.0138	0.0252	0.0050	0.0049
	118	85.0	0.073	0.075	0.126	0.284	0.097	0.0149	0.000017	0.0035	0.0256	0.0030	0.0040
	118	95.0	0.070	0.074	0.149	0.295	0.063	0.0334	0.000039	0.0066	0.0152	0.0073	0.0033
7	159	2.5	0.369	0.290	0.535	0.648	0.382	0.0021	0.00016	0.0031	0.0652	0.0124	0.0126
22/12/93	159	7.5	0.195	0.108	0.216	0.310	0.076	0.0062	0.00007	0.0060	0.0441	0.0127	0.0060
	159	15.0	0.117	0.058	0.150	0.196	0.032	0.0042	0.00004	0.0011	0.0474	0.0082	0.0042
	159	25.0	0.093	0.049	0.141	0.159	0.008	0.0035	0.000036	0.0055	0.0563	0.0181	0.0046
	159	35.0	0.063	0.037	0.183	0.162	0.006	0.0039	0.000023	0.0058	0.0285	0.0213	0.0027
	159	45.0	0.066	0.064	0.097	0.211	0.027	0.0065	0.000021	0.0023	0.0111	0.0043	0.0016
	159	55.0	0.100	0.050	0.228	0.259	0.034	0.0015	0.000026	0.0015	0.0182	0.0045	0.0042
	159	65.0	0.074	0.045	0.204	0.258	0.020	0.0031	0.000028	0.0015	0.0267	0.0059	0.0047
	159	75.0	0.071	0.053	0.213	0.286	0.022	0.0075	0.000025	0.0017	0.0193	0.0145	0.0069
	159	85.0	0.056	0.056	0.513	0.331	0.030	0.0074	0.000059	0.0017	0.0838	0.0061	0.0022
	159	95.0	0.059	0.059	0.650	0.309	0.051	0.0071	0.000031	0.0028	0.0237	0.0405	0.0024
8	221	2.5	0.243	0.124	0.364	0.317	0.315	0.0011	0.00024	0.0009	0.0741	0.0136	0.0087
18/2/94	221	7.5	0.128	0.061	0.203	0.252	0.105	0.0028	0.00011	0.0008	0.1790	0.0244	0.0042
	221	15.0	0.119	0.049	0.150	0.165	0.037	0.0032	0.00004	0.0006	0.0723	0.0111	0.0025
	221	25.0	0.100	0.038	0.170	0.209	0.018	0.0038	0.000022	0.0038	0.0445	0.0115	0.0046
	221	35.0	0.092	0.036	0.167	0.216	0.033	0.0030	0.000022	0.0017	0.0471	0.0066	0.0035
	221	45.0	0.081	0.038	0.136	0.300	0.031	0.0027	0.000014	0.0012	0.0233	0.0043	0.0038
	221	55.0	0.080	0.043	0.125	0.355	0.046	0.0010	0.000020	0.0024	0.0293	0.0043	0.0073
	221	65.0	0.069	0.041	0.112	0.458	0.024	0.0012	0.000013	0.0034	0.0274	0.0014	0.0076
	221	75.0	0.051	0.047	0.144	0.471	0.035	0.0021	0.000009	0.0034	0.0100	0.0038	0.0049
	221	85.0	0.054	0.055	0.352	0.354	0.042	0.0034	0.000010	0.0041	0.0185	0.0005	0.0038
	221	95.0	0.066	0.056	0.228	0.347	0.035	0.0170	0.000009	0.0041	0.0167	0.0016	0.0036

ANEXO A11.1 - Monitorização dos Talhões Experimentais. Talhão I

			40.08	24.312	39.102	22.9898	18.039	1	63.54	65.37	26.9815	55.847	54.9381
Amostr.	Tempo	Prof.	Ca2+	Mg2+	K+	Na+	NH4+	H+	Cu2+	Zn2+	Al3+	Fe 2+	Mn 2+
Nº	(Dias)	(cm)	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3
9	284	2.5	0.231	0.147	0.292	0.387	0.215	0.0011	0.00023	0.0005	0.1134	0.0179	0.0138
	284	7.5	0.110	0.058	0.172	0.271	0.184	0.0040	0.00013	0.0003	0.0815	0.0143	0.0058
	284	15.0	0.088	0.049	0.155	0.256	0.149	0.0025	0.00004	0.0014	0.0623	0.0098	0.0029
	284	25.0	0.064	0.036	0.143	0.189	0.035	0.0023	0.000014	0.0011	0.0671	0.0064	0.0027
	284	35.0	0.073	0.035	0.151	0.159	0.016	0.0018	0.000014	0.0006	0.0545	0.0090	0.0024
10	284	45.0	0.073	0.032	0.144	0.159	0.010	0.0022	0.000014	0.0005	0.0219	0.0059	0.0027
	292	2.5	0.255	0.219	0.289	0.401	0.274	0.0017	0.00021	0.0014	0.0719	0.0170	0.0137
	292	7.5	0.167	0.089	0.331	0.224	0.071	0.0027	0.00010	0.0008	0.0671	0.0186	0.0078
	292	15.0	0.104	0.055	0.219	0.168	0.000	0.0027	0.00012	0.0008	0.0867	0.0190	0.0055
	292	25.0	0.091	0.045	0.273	0.158	0.000	0.0024	0.00003	0.0012	0.0600	0.0313	0.0049
11	292	35.0	0.073	0.040	0.122	0.141	0.000	0.0029	0.000015	0.0014	0.0219	0.0208	0.0040
	292	45.0	0.082	0.054	0.107	0.176	0.000	0.0063	0.000014	0.0008	0.0133	0.0036	0.0044
	302	2.5	0.310	0.241	0.450	0.509	0.340	0.0012	0.00037	0.0003	0.0537	0.0159	0.0164
	302	7.5	0.224	0.110	0.366	0.234	0.089	0.0036	0.00030	0.0005	0.0771	0.0197	0.0113
	302	15.0	0.108	0.046	0.283	0.180	0.000	0.0034	0.00007	0.0008	0.0686	0.0179	0.0049
12	302	25.0	0.100	0.043	0.372	0.175	0.000	0.0026	0.000029	0.0005	0.0430	0.0127	0.0031
	302	35.0	0.097	0.059	0.190	0.222	0.000	0.0089	0.000044	0.0002	0.0104	0.0036	0.0051
	302	45.0	0.113	0.054	0.196	0.188	0.012	0.0066	0.000008	0.0003	0.0041	0.0048	0.0044
	302	55.0	0.132	0.060	0.203	0.212	0.036	0.0014	0.000054	0.0008	0.0448	0.0179	0.0064
	302	65.0	0.075	0.037	0.220	0.181	0.000	0.0008	0.000076	0.0012	0.0686	0.0159	0.0095
13	302	75.0	0.075	0.037	0.220	0.181	0.000	0.0019	0.000035	0.0005	0.0322	0.0081	0.0040
	302	85.0	0.064	0.044	0.296	0.180	0.000	0.0040	0.000018	0.0005	0.0067	0.0043	0.0033
	302	95.0	0.040	0.039	0.084	0.150	0.000	0.0059	0.000017	0.0005	0.0033	0.0013	0.0025
	309	2.5	0.340	0.190	0.300	0.455	0.241	0.0013	0.00037	0.0052	0.0530	0.0256	0.0173
	309	7.5	0.164	0.064	0.173	0.265	0.049	0.0037	0.00034	0.0044	0.0856	0.0340	0.0191
14	309	15.0	0.122	0.049	0.140	0.212	0.000	0.0023	0.00008	0.0024	0.0519	0.0220	0.0066
	309	25.0	0.087	0.037	0.132	0.152	0.000	0.0021	0.000052	0.0070	0.0526	0.0503	0.0051
	309	35.0	0.070	0.032	0.211	0.142	0.000	0.0017	0.000037	0.0020	0.0322	0.0095	0.0044
	309	45.0	0.075	0.042	0.132	0.193	0.000	0.0011	0.000027	0.0018	0.0159	0.0050	0.0053
	309	55.0	0.135	0.065	0.192	0.291	0.004	0.0017	0.000075	0.0008	0.0293	0.0292	0.0091
15	309	65.0	0.121	0.070	1.009	0.290	0.000	0.0013	0.000049	0.0014	0.0185	0.0039	0.0122
	309	75.0	0.095	0.062	0.778	0.257	0.000	0.0018	0.000027	0.0015	0.0115	0.0039	0.0104
	309	85.0	0.078	0.048	0.690	0.291	0.000	0.0022	0.000027	0.0014	0.0044	0.0204	0.0051
	309	95.0	0.077	0.055	0.808	0.293	0.000	0.0034	0.000018	0.0031	0.0093	0.0215	0.0047
	330	2.5	0.316	0.163	0.359	0.397	0.286	0.0018	0.00026	0.0008	0.0589	0.0177	0.0209
16	330	7.5	0.150	0.065	0.248	0.188	0.124	0.0035	0.00014	0.0005	0.1034	0.0378	0.0180
	330	15.0	0.143	0.062	0.426	0.171	0.120	0.0018	0.00007	0.0012	0.0656	0.0179	0.0127
	330	25.0	0.134	0.061	0.371	0.189	0.047	0.0021	0.000063	0.0012	0.0419	0.0344	0.0169
	330	35.0	0.126	0.060	0.282	0.185	0.039	0.0046	0.000034	0.0004	0.0133	0.0476	0.0166
	330	45.0	0.120	0.077	0.483	0.311	0.069	0.0089	0.000030	0.0008	0.0067	0.0023	0.0177
17	330	55.0	0.118	0.071	0.371	0.198	0.036	0.0012	0.000051	0.0004	0.0400	0.0104	0.0180
	330	65.0	0.149	0.085	0.420	0.224	0.061	0.0032	0.000042	0.0002	0.0093	0.0254	0.0258
	330	75.0	0.150	0.078	0.397	0.186	0.009	0.0073	0.000024	0.0002	0.0093	0.0270	0.0226
	330	85.0	0.145	0.072	0.359	0.178	0.055	0.0084	0.000028	0.0003	0.0059	0.0029	0.0164
	330	95.0	0.103	0.070	0.737	0.248	0.090	0.0128	0.000025	0.0002	0.0082	0.0030	0.0138
18	378	2.5	0.417	0.214	0.560	0.471	0.339	0.0024	0.00041	0.0011	0.0871	0.0138	0.0269
	378	7.5	0.285	0.154	0.531	0.390	0.156	0.0092	0.00016	0.0006	0.0812	0.0093	0.0182
	378	15.0	0.177	0.097	0.806	0.340	0.081	0.0103	0.000044	0.0006	0.0541	0.0075	0.0142
	378	25.0	0.169	0.101	0.553	0.311	0.072	0.0099	0.000018	0.0005	0.0182	0.0052	0.0340
	378	35.0	0.111	0.084	0.550	0.250	0.088	0.0119	0.000003	0.0003	0.0189	0.0029	0.0237
19	378	45.0	0.100	0.081	0.423	0.293	0.091	0.0203	0.000001	0.0002	0.0033	0.0023	0.0113
	452	2.5	0.731	0.497	0.777	0.792	0.522	0.0012	0.00024	0.0008	0.0319	0.0063	0.0186
	452	7.5	0.292	0.169	0.578	0.574	0.415	0.0068	0.00016	0.0005	0.0578	0.0091	0.0153
	452	15.0	0.165	0.099	0.242	0.373	0.228	0.0072	0.00004	0.0003	0.0271	0.0036	0.0107
	452	25.0	0.137	0.096	0.324	0.368	0.211	0.0042	0.000031	0.0003	0.0282	0.0039	0.0104
20	452	35.0	0.075	0.048	0.225	0.216	0.248	0.0029	0.000022	0.0003	0.0560	0.0057	0.0115
	452	45.0	0.080	0.041	0.296	0.292	0.295	0.0017	0.000062	0.0006	0.0460	0.0050	0.0073
	511	2.5	0.270	0.180	0.987	0.384	0.460	0.0009	0.00023	0.0008	0.0600	0.0184	0.0080
	511	7.5	0.170	0.114	0.744	0.237	0.235	0.0016	0.00016	0.0007	0.0756	0.0217	0.0075
	511	15.0	0.100	0.062	0.524	0.281	0.241	0.0021	0.00007	0.0014	0.0938	0.0263	0.0064
21	511	25.0	0.094	0.070	2.340	0.249	0.099	0.0022	0.000046	0.0012	0.0934	0.0244	0.0055
	511	35.0	0.057	0.031	0.461	0.258	0.090	0.0019	0.000041	0.0004	0.0411	0.0116	0.0018
	511	45.0	0.108	0.113	0.606	0.362	0.175	0.0091	0.000013	0.0005	0.0024	0.0005	0.0095
	511	55.0	0.094	0.107	0.621	0.349	0.132	0.0099	0.000031	0.0004	0.0028	0.0013	0.0093
	511	65.0	0.087	0.101	0.995	0.373	0.082	0.0119	0.000015	0.0004	0.0063	0.0009	0.0055
22	511	75.0	0.097	0.125	0.660	0.445	0.103	0.0105	0.000010	0.0003	0.0070	0.0010	0.0089
	511	85.0	0.071	0.047	1.092	0.335	0.168	0.0046	0.000019	0.0004	0.0111	0.0032	0.0042
	511	95.0	0.049	0.040	1.180	0.430	0.206	0.0013	0.000030	0.0009	0.0122	0.0043	0.0022

ANEXO A11.1 (Continuação)

Monitorização dos Talhões Experimentais - TALHÃO I

TALHÃO I - Controlo

				35.453	96.062	62.005	46.006	18.9984	79.904	95.9794		
Amostr.	Tempo	Prof.	CL-	SO42-	NO3-	NO2-	F-	Br-	PO43-	HCO3-	Prof.	Tempo
Nº	(Dias)	(cm)	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	(cm)	(Dias)
1	0	2.5	1.471	0.361	5.758	0.000			0.000	0.000	2.5	0
17/7/93	0	7.5	1.025	0.209	5.512	0.000			0.000	0.000	7.5	0
	0	15.0	0.505	0.106	1.904	0.000			0.000	0.000	15.0	0
	0	25.0	0.466	0.072	1.885	0.000			0.000	0.000	25.0	0
	0	35.0	0.409	0.069	1.938	0.000			0.000	0.000	35.0	0
	0	45.0	0.310	0.062	0.700	0.000			0.000	0.071	45.0	0
2	4	2.5	2.399	0.553	2.720	0.000			0.000	0.000	2.5	4
20/7/93	4	7.5	1.141	0.318	1.242	0.000			0.000	0.040	7.5	4
	4	15.0	0.905	0.138	0.833	0.000			0.000	0.120	15.0	4
3	11	2.5	3.762	0.736	2.243	0.000			0.000	0.440	2.5	11
27/7/93	11	7.5	1.574	0.255	0.853	0.000			0.000	0.100	7.5	11
	11	15.0	0.789	0.187	1.704	0.000			0.000	0.160	15.0	11
4	18	2.5	4.115	0.829	2.924	0.000			0.000	0.220	2.5	18
3/8/93	18	7.5	1.562	0.294	2.425	0.000			0.000	0.000	7.5	18
	18	15.0	0.927	0.138	0.984	0.000			0.000	0.000	15.0	18
5	74	2.5	6.507	0.974	3.872	0.000			0.000	0.280	2.5	74
28/9/93	74	7.5	2.523	0.428	3.074	0.000			0.000	0.000	7.5	74
	74	15.0	0.690	0.199	0.520	0.000			0.000	0.000	15.0	74
	74	25.0	0.564	0.092	0.356	0.000			0.000	0.080	25.0	74
	74	35.0	0.625	0.087	0.450	0.000			0.000	0.080	35.0	74
	74	45.0	0.523	0.069	0.502	0.000			0.000	0.180	45.0	74
	74	55.0	0.656	0.136	0.489	0.000			0.000	0.120	55.0	74
	74	65.0	0.580	0.079	0.357	0.000			0.000	0.100	65.0	74
	74	75.0	0.381	0.063	0.278	0.000			0.000	0.060	75.0	74
	74	85.0	0.208	0.049	1.146	0.000			0.000	0.000	85.0	74
	74	95.0	0.205	0.064	1.052	0.000			0.000	0.000	95.0	74
6	118	2.5	0.820	0.240	0.874	0.000			0.000	0.280	2.5	118
11/11/93	118	7.5	0.487	0.071	0.451	0.003			0.002	0.060	7.5	118
	118	15.0	0.375	0.136	0.598	0.012			0.004	0.060	15.0	118
	118	25.0	0.572	0.066	0.447	0.000			0.000	0.040	25.0	118
	118	35.0	0.426	0.056	0.327	0.000			0.000	0.080	35.0	118
	118	45.0	0.307	0.077	0.251	0.008			0.000	0.100	45.0	118
	118	55.0	0.222	0.086	0.314	0.000			0.000	0.140	55.0	118
	118	65.0	0.127	0.107	0.362	0.000			0.000	0.080	65.0	118
	118	75.0	0.153	0.115	0.351	0.000			0.000	0.120	75.0	118
	118	85.0	0.185	0.103	0.401	0.000			0.000	0.120	85.0	118
	118	95.0	0.339	0.123	0.291	0.000			0.000	0.020	95.0	118
7	159	2.5	1.128	0.199	0.654	0.061	0.015	0.000	0.293	0.240	2.5	159
22/12/93	159	7.5	0.629	0.077	0.471	0.000	0.005	0.001	0.000	0.140	7.5	159
	159	15.0	0.280	0.069	0.396	0.000	0.010	0.001	0.000	0.080	15.0	159
	159	25.0	0.252	0.070	0.301	0.000	0.009	0.001	0.000	0.040	25.0	159
	159	35.0	0.204	0.076	0.260	0.000			0.000	0.040	35.0	159
	159	45.0	0.179	0.093	0.198	0.000	0.010	0.000	0.000	0.060	45.0	159
	159	55.0	0.401	0.090	0.201	0.019	0.011	0.003		0.100	55.0	159
	159	65.0	0.355	0.115	0.132	0.004	0.009	0.001	0.000	0.080	65.0	159
	159	75.0	0.451	0.109	0.137	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	75.0	159
	159	85.0	0.941	0.111	0.087	0.000	0.009	0.000	0.000	0.060	85.0	159
	159	95.0	0.777	0.115	0.077	0.000	0.024	0.001	0.079	0.060	95.0	159
8	221	2.5	0.661	0.196	0.496	0.005	0.000	0.000	0.005	0.420	2.5	221
18/2/94	221	7.5	0.584	0.118	0.392	0.025	0.013	0.000	0.000	0.244	7.5	221
	221	15.0	0.220	0.083	0.344	0.001	0.023	0.001	0.000	0.180	15.0	221
	221	25.0	0.207	0.091	0.229	0.008	0.023	0.001	0.000	0.212	25.0	221
	221	35.0	0.192	0.099	0.212	0.004	0.019	0.001	0.000	0.188	35.0	221
	221	45.0	0.173	0.096	0.208	0.004	0.012	0.001	0.000	0.180	45.0	221
	221	55.0	0.244	0.131	0.208	0.001	0.013	0.001	0.003	0.120	55.0	221
	221	65.0	0.425	0.120	0.186	0.000	0.019	0.001	0.001	0.000	65.0	221
	221	75.0	0.490	0.116	0.152	0.001	0.014	0.001	0.001	0.000	75.0	221
	221	85.0	0.565	0.126	0.203	0.001	0.010	0.001	0.000	0.000	85.0	221
	221	95.0	0.336	0.082	0.247	0.000	0.013	0.002	0.000	0.180	95.0	221

ANEXO A11.1 - Monitorização dos Talhões Experimentais. Talhão I

		35.453		96.062		62.005		46.006		18.9984		79.904		95.9794			
Amostr.	Tempo	Prof.	CL-	SO42-	NO3-	NO2-	F-	Br-	PO43-	HCO3-	Prof.	Tempo					
Nº	(Dias)	(cm)	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	(cm)	(Dias)					
9	284	2.5	0.350	0.141	0.329	0.599	0.023	0.001	0.004	0.420	2.5	284					
22/4/94	284	7.5	0.318	0.134	0.309	0.000	0.022	0.002	0.002	0.244	7.5	284					
	284	15.0	0.190	0.103	0.215	0.178	0.022	0.001	0.001	0.180	15.0	284					
	284	25.0	0.172	0.093	0.126	0.082	0.019	0.001	0.001	0.212	25.0	284					
	284	35.0	0.187	0.088	0.131	0.031	0.020	0.001	0.001	0.188	35.0	284					
	284	45.0	0.167	0.069	0.111	0.012	0.020	0.001	0.000	0.180	45.0	284					
10	292	2.5	0.448	0.240	0.398	0.317	0.061	0.003	0.009	0.410	2.5	292					
30/4/94	292	7.5	0.392	0.239	0.272	0.000	0.051	0.003	0.007	0.170	7.5	292					
	292	15.0	0.360	0.146	0.220	0.000	0.025	0.006	0.000	0.100	15.0	292					
	292	25.0	0.356	0.117	0.215	0.000	0.000	0.004	0.000	0.090	25.0	292					
	292	35.0	0.200	0.094	0.111	0.000	0.000	0.004	0.000	0.100	35.0	292					
	292	45.0	0.175	0.107	0.124	0.000	0.025	0.004	0.000	0.070	45.0	292					
11	302	2.5	0.797	0.210	0.432	0.289	0.040	0.003	0.010	0.590	2.5	302					
10/5/94	302	7.5	0.676	0.152	0.291	0.000	0.050	0.003	0.008	0.290	7.5	302					
	302	15.0	0.514	0.110	0.149	0.000	0.000	0.003	0.007	0.100	15.0	302					
	302	25.0	0.554	0.112	0.107	0.000	0.000	0.004	0.000	0.080	25.0	302					
	302	35.0	0.353	0.150	0.082	0.000	0.000	0.004	0.000	0.040	35.0	302					
	302	45.0	0.368	0.135	0.070	0.000	0.000	0.004	0.000	0.040	45.0	302					
	302	55.0	0.430	0.125	0.121	0.030	0.000	0.003	0.000	0.100	55.0	302					
	302	65.0	0.297	0.140	0.108	0.013	0.000	0.003	0.000	0.190	65.0	302					
	302	75.0	0.321	0.109	0.095	0.020	0.000	0.004	0.000	0.080	75.0	302					
	302	85.0	0.339	0.128	0.080	0.000	0.000	0.004	0.000	0.060	85.0	302					
	302	95.0	0.215	0.057	0.039	0.000	0.000	0.005	0.000	0.040	95.0	302					
12	309	2.5	0.889	0.209	0.453	0.062	0.000	0.003	0.008	0.440	2.5	309					
17/5/94	309	7.5	0.620	0.115	0.253	0.000	0.000	0.003	0.000	0.200	7.5	309					
	309	15.0	0.329	0.138	0.141	0.025	0.000	0.003	0.000	0.120	15.0	309					
	309	25.0	0.323	0.112	0.139	0.025	0.000	0.003	0.000	0.090	25.0	309					
	309	35.0	0.285	0.091	0.090	0.025	0.000	0.003	0.000	0.100	35.0	309					
	309	45.0	0.196	0.100	0.099	0.037	0.000	0.003	0.000	0.090	45.0	309					
	309	55.0	0.441	0.116	0.149	0.034	0.000	0.004	0.000	0.140	55.0	309					
	309	65.0	0.725	0.102	0.598	0.000	0.000	0.004	0.000	0.235	65.0	309					
	309	75.0	0.637	0.098	0.526	0.000	0.000	0.004	0.000	0.060	75.0	309					
	309	85.0	0.593	0.094	0.374	0.000	0.000	0.004	0.000	0.140	85.0	309					
	309	95.0	0.674	0.091	0.460	0.000	0.000	0.004	0.000	0.130	95.0	309					
13	330	2.5	0.543	0.182	0.197	0.043	0.073	0.009	0.031	0.940	2.5	330					
7/6/94	330	7.5	0.298	0.114	0.178	0.000	0.043	0.004	0.023	0.610	7.5	330					
	330	15.0	0.277	0.097	0.167	0.041	0.044	0.013	0.000	0.660	15.0	330					
	330	25.0	0.202	0.096	0.110	0.039	0.046	0.013	0.000	0.630	25.0	330					
	330	35.0	0.174	0.080	0.102	0.000	0.067	0.004	0.000	0.590	35.0	330					
	330	45.0	0.236	0.096	0.169	0.000	0.120	0.006	0.000	0.610	45.0	330					
	330	55.0	0.251	0.069	0.194	0.027	0.000	0.004	0.000	0.560	55.0	330					
	330	65.0	0.279	0.090	0.210	0.000	0.062	0.005	0.000	0.580	65.0	330					
	330	75.0	0.266	0.094	0.218	0.000	0.036	0.003	0.000	0.480	75.0	330					
	330	85.0	0.169	0.099	0.251	0.000	0.077	0.004	0.000	0.480	85.0	330					
	330	95.0	0.332	0.122	0.345	0.000	0.098	0.006	0.000	0.470	95.0	330					
14	378	2.5	0.845	0.264	0.469	0.115	0.000	0.004	0.149	0.570	2.5	378					
25/7/94	378	7.5	0.627	0.149	1.036	0.000	0.000	0.000	0.000	0.295	7.5	378					
	378	15.0	0.627	0.122	0.911	0.000	0.000	0.000	0.000	0.260	15.0	378					
	378	25.0	0.605	0.099	0.548	0.000	0.000	0.000	0.000	0.260	25.0	378					
	378	35.0	0.552	0.091	0.381	0.000	0.000	0.000	0.000	0.270	35.0	378					
	378	45.0	0.764	0.099	0.259	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	45.0	378					
15	452	2.5	0.811	0.336	2.467	0.069	0.017	0.000	0.095	0.370	2.5	452					
7/10/94	452	7.5	0.635	0.234	1.352	0.000	0.017	0.001	0.011	0.210	7.5	452					
	452	15.0	0.395	0.122	0.657	0.000	0.018	0.001	0.000	0.165	15.0	452					
	452	25.0	0.499	0.111	0.560	0.000	0.019	0.001	0.000	0.180	25.0	452					
	452	35.0	0.358	0.111	0.336	0.000	0.024	0.002	0.000	0.200	35.0	452					
	452	45.0	0.382	0.152	0.389	0.000	0.019	0.001	0.000	0.185	45.0	452					
16	511	2.5	0.875	0.201	1.144	0.050	0.023	0.001	0.016	0.420	2.5	511					
5/12/94	511	7.5	0.525	0.149	0.918	0.019	0.023	0.001	0.000	0.280	7.5	511					
	511	15.0	0.547	0.122	0.696	0.000	0.019	0.000	0.000	0.205	15.0	511					
	511	25.0	2.474	0.121	0.433	0.000	0.015	0.001	0.000	0.190	25.0	511					
	511	35.0	0.504	0.109	0.217	0.000	0.019	0.000	0.000	0.180	35.0	511					
	511	45.0	0.566	0.119	0.634	0.000	0.021	0.001	0.000	0.165	45.0	511					
	511	55.0	0.580	0.110	0.543	0.000	0.020	0.001	0.000	0.175	55.0	511					
	511	65.0	0.732	0.098	0.746	0.000	0.017	0.001	0.000	0.170	65.0	511					
	511	75.0	0.615	0.117	0.651	0.000	0.021	0.001	0.000	0.170	75.0	511					
	511	85.0	0.688	0.122	0.674	0.000	0.021	0.001	0.000	0.260	85.0	511					
	511	95.0	0.658	0.206	0.709	0.000	0.004	0.001	0.000	0.210	95.0	511					

ANEXO A11.1 (Continuação)

Monitorização dos Talhões Experimentais - TALHÃO I

TALHÃO I - Controlo

													*1	*0.04/*1	12.01115	31.9994
Amostr.	Tempo	Prof.	pH	EC	Eh	Acidez	Alcalin.	DOC	CQO	Prof.	Tempo	Amostr.				
Nº	(Dias)	(cm)		(µS/cm)	mV	(meq/L)	(meq./L)	mol./m3	mol./m3	(cm)	(Dias)	Nº				
1	0	2.5	2.924	1440.0	287.4	7.59	0.00	4.734	5.185	2.5	0	1				
17/7/93	0	7.5	2.493	2500.0	395.8	8.65	0.00	3.673	1.497	7.5	0	17/7/93				
	0	15.0	3.477	495.0	367.1	1.74	0.00	1.230	0.733	15.0	0					
	0	25.0	3.376	599.0	344.6	2.08	0.00	1.136	1.161	25.0	0					
	0	35.0	3.320	445.0	278.8	1.74	0.00	1.035	3.020	35.0	0					
	0	45.0	4.231	137.5	280.7	0.58	0.07	0.793	1.249	45.0	0					
2	4	2.5	4.034	720.0	320.6	1.80	0.00	6.748	6.860	2.5	4	2				
20/7/93	4	7.5	4.275	340.0	290.8	0.94	0.04	3.107	2.373	7.5	4	20/7/93				
	4	15.0	5.045	220.0	233.4	0.54	0.12	2.245	0.448	15.0	4					
3	11	2.5	5.823	1000.0	180.3	0.90	0.44	5.859	5.939	2.5	11	3				
27/7/93	11	7.5	5.156	350.0	228.0	0.62	0.10	2.011	1.624	7.5	11	27/7/93				
	11	15.0	5.618	350.0	203.6	0.76	0.16	1.901	0.998	15.0	11					
4	18	2.5	5.193	1100.0	160.7	1.02	0.22	5.501	6.297	2.5	18	4				
3/8/93	18	7.5	3.580	675.0	416.9	2.40	0.00	2.718	3.155	7.5	18	3/8/93				
	18	15.0	4.133	345.0	215.2	1.28	0.00	1.488	1.410	15.0	18					
5	74	2.5	5.573	1675.0	163.7	0.40	0.28	8.818	9.404	2.5	74	5				
28/9/93	74	7.5	2.856	1245.0	374.2	1.96	0.00	3.909	3.918	7.5	74	28/9/93				
	74	15.0	4.853	225.0	274.2	0.28	0.00	2.835	0.836	15.0	74					
	74	25.0	5.091	141.0	222.8	0.20	0.08	2.179	1.646	25.0	74					
	74	35.0	5.145	185.0	234.5	0.20	0.08	0.534	1.354	35.0	74					
	74	45.0	6.443	125.0	198.8	0.12	0.18	0.451	0.366	45.0	74					
	74	55.0	6.332	205.0	193.8	0.10	0.12	0.778	1.162	55.0	74					
	74	65.0	6.357	158.0	214.2	0.10	0.10	1.183	0.483	65.0	74					
	74	75.0	5.481	95.0	235.6	0.20	0.06	0.814	0.542	75.0	74					
	74	85.0	3.759	248.0	314.0	0.38	0.00	0.588	0.052	85.0	74					
	74	95.0	3.226	325.0	382.1	0.84	0.00	0.689	0.131	95.0	74					
6	118	2.5	5.855	2400.0	285.0	0.54	0.28	5.643	4.641	2.5	118	6				
11/11/93	118	7.5	5.427	105.0	301.2	0.40	0.06	1.740	1.805	7.5	118	11/11/93				
	118	15.0	5.317	127.0	298.9	0.26	0.06	1.145	1.375	15.0	118					
	118	25.0	5.273	105.0	293.6	0.24	0.04	0.625	0.516	25.0	118					
	118	35.0	5.356	76.0	318.6	0.24	0.08	0.843	1.461	35.0	118					
	118	45.0	5.397	79.5	212.7	0.44	0.10	0.388	0.688	45.0	118					
	118	55.0	5.694	86.0	207.7	0.32	0.14	0.489	0.774	55.0	118					
	118	65.0	5.333	109.0	203.8	0.42	0.08	0.667	1.075	65.0	118					
	118	75.0	5.140	90.0	205.8	0.42	0.12	0.870	1.203	75.0	118					
	118	85.0	4.897	90.0	323.2	0.42	0.12	0.661	0.989	85.0	118					
	118	95.0	4.547	105.0	296.6	0.42	0.02	0.795	0.928	95.0	118					
7	159	2.5	5.739	301.0	369.8	0.34	0.24	4.204	4.957	2.5	159	7				
22/12/93	159	7.5	5.278	130.3	378.1	0.24	0.14	2.077	1.813	7.5	159	22/12/93				
	159	15.0	5.444	82.1	382.0	0.20	0.08	1.341	1.258	15.0	159					
	159	25.0	5.521	70.1	370.8	0.18	0.04	1.140	1.036	25.0	159					
	159	35.0	5.476	56.2	362.2	0.18	0.04	1.020	0.925	35.0	159					
	159	45.0	5.261	78.4	460.6	0.14	0.06	0.718	0.666	45.0	159					
	159	55.0	5.881	74.7	401.0	0.12	0.10	0.971	0.925	55.0	159					
	159	65.0	5.577	70.2	404.7	0.14	0.08	1.020	0.999	65.0	159					
	159	75.0	5.198	73.5	393.9	0.16	0.06	1.092	0.814	75.0	159					
	159	85.0	5.202		448.3	0.14	0.06	1.139	1.480	85.0	159					
	159	95.0	5.219	72.3	362.8	0.18	0.06	0.907	0.592	95.0	159					
8	221	2.5	6.041	164.0	279.1	0.48	0.42	5.378	5.431	2.5	221	8				
18/2/94	221	7.5	5.630	99.0	288.7	0.35	0.24	2.239	2.197	7.5	221	18/2/94				
	221	15.0	5.564	75.0	289.3	0.24	0.18	0.877	0.776	15.0	221					
	221	25.0	5.495	72.0	337.0	0.30	0.21	1.032	0.937	25.0	221					
	221	35.0	5.587	72.0	339.1	0.23	0.19	0.874	1.418	35.0	221					
	221	45.0	5.643	72.0	332.2	0.20	0.18	0.673	0.896	45.0	221					
	221	55.0	6.058	90.0	314.7	0.18	0.12	0.920	1.726	55.0	221					
	221	65.0	5.999	105.0	321.0			0.332	1.769	65.0	221					
	221	75.0	5.745	92.0	325.5			0.429	0.963	75.0	221					
	221	85.0	5.545	101.0	311.4			0.506	0.723	85.0	221					
	221	95.0	4.841	92.0	319.9	0.24	0.18	0.546	1.405	95.0	221					

ANEXO A11.1 - Monitorização dos Talhões Experimentais. Talhão I

													*1	*0.04/*1	12.01115	31.9994			
Amostr.	Tempo	Prof.	pH	EC	Eh	Acidez	Alcalin.	DOC	CQO	Prof.	Tempo	Amostr.							
Nº	(Dias)	(cm)		(µS/cm)	mV	(meq/L)	(meq/L)	mol./m3	mol./m3	(cm)	(Dias)	Nº							
9	284	2.5	6.027	186.0	288.1	0.48	0.42	6.374	7.434	2.5	284	9							
22/4/94	284	7.5	5.473	103.0	299.9	0.35	0.24	1.990	4.180	7.5	284	22/4/94							
	284	15.0	5.680	80.1	286.2	0.24	0.18	1.101	1.055	15.0	284								
	284	25.0	5.706	59.0	333.8	0.30	0.21	1.018	2.617	25.0	284								
	284	35.0	5.811	58.0	325.9	0.23	0.19	0.895	0.750	35.0	284								
	284	45.0	5.735	52.0	343.5	0.20	0.18	0.705	0.895	45.0	284								
10	292	2.5	5.836	195.3	254.2	0.35	0.41	5.822	5.900	2.5	292	10							
30/4/94	292	7.5	5.646	96.1	374.6	0.27	0.17	3.091	3.071	7.5	292	30/4/94							
	292	15.0	5.645	70.2	341.9	0.31	0.10	1.734	2.055	15.0	292								
	292	25.0	5.693	65.5	293.6	0.09	0.09	1.037	3.869	25.0	292								
	292	35.0	5.610	58.6	292.4	0.20	0.10	0.531	1.965	35.0	292								
	292	45.0	5.273	65.2	289.7	0.11	0.07	0.921	0.822	45.0	292								
11	302	2.5	5.990	244.0	235.5	0.24	0.59	10.051	10.283	2.5	302	11							
10/5/94	302	7.5	5.520	111.5	226.1	0.23	0.29	4.486	4.516	7.5	302	10/5/94							
	302	15.0	5.540	65.2	251.8	0.13	0.10	1.791	2.763	15.0	302								
	302	25.0	5.660	64.2	291.8	0.11	0.08	1.354	2.122	25.0	302								
	302	35.0	5.119	77.2	263.1	0.10	0.04	1.066	0.972	35.0	302								
	302	45.0	5.248	72.9	290.8	0.12	0.04	0.963	1.229	45.0	302								
	302	55.0	5.916	76.0	274.7	0.12	0.10	1.554	0.929	55.0	302								
	302	65.0	6.151	107.0	237.5	0.11	0.19	1.930	1.486	65.0	302								
	302	75.0	5.793	57.2	260.7	0.08	0.08	0.986	5.430	75.0	302								
	302	85.0	5.470	60.2	251.4	0.08	0.06	0.999	0.886	85.0	302								
	302	95.0	5.299	72.9	265.8	0.09	0.04	0.794	2.258	95.0	302								
12	309	2.5	5.943	188.0	288.4	0.18	0.44	5.650	3.915	2.5	309	12							
17/5/94	309	7.5	5.502	93.0	276.8	0.20	0.20	3.000	3.045	7.5	309	17/5/94							
	309	15.0	5.712	69.0	260.0	0.11	0.12	1.406	0.683	15.0	309								
	309	25.0	5.739	55.0	265.2	0.11	0.09	0.984	2.610	25.0	309								
	309	35.0	5.838	51.0	270.3	0.09	0.10	0.793	1.230	35.0	309								
	309	45.0	6.029	61.0	260.1	0.08	0.09	0.898	6.263	45.0	309								
	309	55.0	5.831	100.0	188.0	0.20	0.14	1.228	0.504	55.0	309								
	309	65.0	5.963	91.8	203.9	0.22	0.24	0.854	1.639	65.0	309								
	309	75.0	5.805	76.7	198.7	0.01	0.06	0.796	0.423	75.0	309								
	309	85.0	5.736	73.8	207.2	0.10	0.14	0.478	0.350	85.0	309								
	309	95.0	5.542	77.4	208.6	0.13	0.13	0.612	1.840	95.0	309								
13	330	2.5	5.815	182.2	236.1	0.13	0.94	5.905	5.128	2.5	330	13							
7/6/94	330	7.5	5.528	97.1	246.8	0.10	0.61	3.405	3.395	7.5	330	7/6/94							
	330	15.0	5.816	92.3	261.1	0.10	0.66	2.563	-0.217	15.0	330								
	330	25.0	5.748	86.3	299.9	0.03	0.63	2.533	3.972	25.0	330								
	330	35.0	5.405	84.0	303.2	0.05	0.59	2.229	2.912	35.0	330								
	330	45.0	5.120	106.3	277.9	0.08	0.61	2.227	2.641	45.0	330								
	330	55.0	5.975	90.8	294.5	0.03	0.56	1.785	3.270	55.0	330								
	330	65.0	5.560	104.8	279.7	0.03	0.58	1.780	1.860	65.0	330								
	330	75.0	5.210	97.2	279.6	0.03	0.48	1.173	1.290	75.0	330								
	330	85.0	5.144	100.4	269.9	0.03	0.48	1.278	1.529	85.0	330								
	330	95.0	4.962	120.2	283.0	0.03	0.47	1.173	1.083	95.0	330								
14	378	2.5	5.694	266.0	293.0	0.18	0.57	9.041	8.464	2.5	378	14							
25/7/94	378	7.5	5.105	149.3	290.6	0.13	0.30	3.621	3.099	7.5	378	25/7/94							
	378	15.0	5.056	112.0	298.3	0.08	0.26	1.896	1.549	15.0	378								
	378	25.0	5.074	113.4	306.2	0.08	0.26	1.614	2.321	25.0	378								
	378	35.0	4.994	78.8	322.3	0.08	0.27	1.720	1.650	35.0	378								
	378	45.0	4.764	105.3	318.0			1.109	2.700	45.0	378								
15	452	2.5	5.984	502.0	233.5	0.13	0.37	5.368	5.324	2.5	452	15							
7/10/94	452	7.5	5.235	232.0	256.7	0.13	0.21	3.021	2.998	7.5	452	7/10/94							
	452	15.0	5.215	145.8	278.3	0.08	0.17	1.251	1.458	15.0	452								
	452	25.0	5.452	118.0	281.5	0.08	0.18	0.861	2.054	25.0	452								
	452	35.0	5.608	110.5	283.2	0.08	0.20	1.220	0.658	35.0	452								
	452	45.0	5.833	134.5	271.8	0.05	0.19	1.404	1.628	45.0	452								
16	511	2.5	6.123	174.3	249.2	0.20	0.42	4.626	3.359	2.5	511	16							
5/12/94	511	7.5	5.869	118.9	243.1	0.18	0.28	3.903	3.519	7.5	511	5/12/94							
	511	15.0	5.751	84.6	233.1	0.13	0.21	1.756	0.472	15.0	511								
	511	25.0	5.737	74.8	235.4	0.08	0.19	1.424	1.384	25.0	511								
	511	35.0	5.791	66.5	234.2	0.08	0.18	0.811	1.177	35.0	511								
	511	45.0	5.112	128.0	272.4	0.08	0.17	1.238	0.608	45.0	511								
	511	55.0	5.076	105.2	277.8	0.05	0.18	0.990	0.332	55.0	511								
	511	65.0	4.994	95.4	281.2	0.08	0.17	0.701	1.616	65.0	511								
	511	75.0	5.050	123.4	287.7	0.08	0.17	0.728	1.350	75.0	511								
	511	85.0	5.404	109.0	292.4	0.08	0.26	0.556	1.361	85.0	511								
	511	95.0	5.947	122.4	287.3	0.05	0.21	0.500	1.190	95.0	511								

ANEXO A11.2

Monitorização dos Talhões Experimentais - TALHÃO II

TALHÃO II - 2 m3 de efluente de porco/Talhão (13L/m2)

			40.08	24.312	39.102	22.9898	18.039	1	63.54	65.37	26.9815	55.847	54.9381
Amostr.	Tempo	Prof.	Ca2+	Mg2+	K+	Na+	NH4+	H+	Cu2+	Zn2+	AL3+	Fe 2+	Mn 2+
Nº	(Dias)	(cm)	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3
1	0	2.5	0.529	0.526	0.691	1.414	0.543	0.2948	0.00021	0.0044	0.0437	0.0077	0.1109
17/7/93	0	7.5	0.329	0.238	0.338	0.840	0.211	0.3695	0.00012	0.0032	0.0545	0.0050	0.0684
	0	15.0	0.025	0.177	0.384	0.579	0.015	0.0148	0.00005	0.0038	0.0256	0.0032	0.0349
	0	25.0	0.170	0.090	0.169	0.509	0.009	0.0053	0.000034	0.0029	0.0104	0.0006	0.0120
	0	35.0	0.177	0.095	0.153	0.518	0.009	0.0050	0.000032	0.0047	0.0044	0.0004	0.0124
	0	45.0	0.200	0.078	0.184	0.635	0.089	0.0030	0.000032	0.0047	0.0044	0.0004	0.0124
2	4	2.5	0.589	0.358	6.442	4.632	2.943	0.0000	0.00225	0.0029	0.1909	0.0362	0.0743
20/7/93	4	7.5	0.459	0.311	1.819	1.566	2.825	1.7971	0.00027	0.0028	0.1890	0.0106	0.0504
	4	15.0	0.174	0.102	1.199	1.070	1.183	2.0825	0.00024	0.0040	0.3113	0.0072	0.0752
3	11	2.5	0.716	0.646	5.621	6.085	2.582	0.0001	0.00154	0.0037	0.0893	0.0335	0.0335
27/7/93	11	7.5	0.117	0.072	2.747	2.614	1.726	0.0007	0.00068	0.0038	0.1127	0.0304	0.0215
	11	15.0	0.222	0.127	1.317	1.587	1.202	0.0240	0.00010	0.0032	0.0233	0.0016	0.0502
4	18	2.5	0.843	0.843	5.856	5.961	2.099	0.0001	0.00057	0.0029	0.0556	0.0208	0.0268
3/8/93	18	7.5	0.349	0.214	2.281	2.882	1.596	0.1891	0.00025	0.0037	0.0604	0.0064	0.0619
	18	15.0	0.407	0.183	0.934	1.618	0.755	0.0480	0.00007	0.0026	0.0445	0.0109	0.0866
5	74	2.5	1.048	0.942	6.000	6.081	2.670	0.0006	0.00036	0.0020	0.0222	0.0091	0.0197
28/9/93	74	7.5	0.419	0.350	2.302	2.218	1.591	0.0186	0.00027	0.0007	0.0330	0.0068	0.0348
	74	15.0	0.337	0.239	1.130	1.401	0.649	0.2447	0.00016	0.0017	0.0571	0.0045	0.0246
	74	25.0	0.319	0.321	0.882	1.209	0.532	0.5709	0.000073	0.0041	0.0608	0.0016	0.0359
	74	35.0	0.254	0.144	0.345	1.174	0.222	0.5910	0.000084	0.0063	0.0137	0.0030	0.0100
	74	45.0	0.304	0.165	0.315	1.066	0.227	0.0012	0.000056	0.0043	0.0037	0.0004	0.0084
	74	55.0	0.342	0.232	0.590	0.971	0.352	0.0263	0.000089	0.0004	0.0052	0.0002	0.0160
	74	65.0	0.372	0.296	0.400	1.285	0.153	0.0037	0.00001	0.0009	0.0015	0.0008	0.0044
	74	75.0	0.439	0.352	0.387	0.974	0.211	0.1158	0.000029	0.0013	0.0059	0.0006	0.0228
	74	85.0	0.235	0.179	0.186	0.529	0.105	0.2976	0.000181	0.0015	0.0037	0.0027	0.0029
	74	95.0	0.200	0.149	0.116	0.631	0.077	0.0016	0.000003	0.0009	0.0015	0.0018	0.0013
6	118	2.5	0.195	0.177	0.627	0.726	0.205	0.0006	0.00027	0.0054	0.0830	0.0224	0.0173
11/11/93	118	7.5	0.112	0.066	0.396	0.587	0.128	0.0086	0.00027	0.0026	0.0897	0.0224	0.0197
	118	15.0	0.107	0.049	0.286	0.457	0.078	0.2126	0.00009	0.0050	0.0530	0.0111	0.0078
	118	25.0	0.155	0.085	0.389	1.135	0.133	0.0218	0.000044	0.0020	0.0556	0.0081	0.0106
	118	35.0	0.110	0.053	0.189	0.352	0.067	0.0053	0.000017	0.0018	0.0445	0.0081	0.0031
	118	45.0	0.100	0.045	0.114	0.313	0.067	0.0076	0.000018	0.0043	0.0130	0.0041	0.0042
	118	55.0	0.068	0.032	0.163	0.314	0.042	0.2063	0.000078	0.0061	0.1353	0.0292	0.0098
	118	65.0	0.104	0.057	0.150	0.449	0.221	0.0055	0.000017	0.0080	0.0189	0.0045	0.0058
	118	75.0	0.229	0.139	0.195	0.749	0.130	0.0450	0.000019	0.0063	0.0070	0.0036	0.0158
	118	85.0	0.155	0.136	0.082	0.542	0.045	0.0106	0.000020	0.0096	0.0085	0.0036	0.0069
	118	95.0	0.141	0.143	0.101	0.601	0.067	0.0208	0.000028	0.0047	0.0156	0.0050	0.0044
7	159	2.5	0.201	0.178	0.912	0.822	0.182	0.0014	0.00018	0.0012	0.0793	0.0206	0.0106
22/12/93	159	7.5	0.078	0.067	0.495	0.440	0.018	0.0123	0.00015	0.0018	0.1212	0.0399	0.0206
	159	15.0	0.059	0.046	0.553	0.532	0.075	0.0123	0.00007	0.0018	0.0615	0.0136	0.0138
	159	25.0	0.059	0.038	0.603	0.378	0.044	0.0090	0.000034	0.0102	0.0330	0.0118	0.0076
	159	35.0	0.060	0.029	0.322	0.264	0.040	0.0067	0.000022	0.0052	0.0471	0.0100	0.0069
	159	45.0	0.095	0.042	0.268	0.315	0.054	0.0592	0.000024	0.0017	0.0463	0.0039	0.0102
	159	55.0	0.075	0.041	0.319	0.324	0.033	0.0359	0.000041	0.0070	0.0623	0.0034	0.0208
	159	65.0	0.065	0.038	0.242	0.347	0.059	0.0038	0.000083	0.0070	0.0445	0.0063	0.0109
	159	75.0	0.063	0.030	0.114	0.308	0.037	0.0054	0.000057	0.0015	0.0315	0.0093	0.0157
	159	85.0	0.036	0.013	0.285	0.286	0.014	0.0040	0.000023	0.0058	0.0441	0.0100	0.0024
	159	95.0	0.085	0.069	0.167	0.246	0.016	0.0162	0.000035	0.0063	0.0367	0.0061	0.0027
8	221	2.5	0.136	0.101	0.547	0.321	0.217	0.0004	0.00026	0.0021	0.2005	0.0322	0.0109
18/2/94	221	7.5	0.051	0.039	0.387	0.261	0.150	0.0075	0.00017	0.0012	0.1957	0.0387	0.0144
	221	15.0	0.060	0.031	0.310	0.195	0.051	0.0108	0.00005	0.0008	0.1116	0.0184	0.0100
	221	25.0	0.061	0.035	0.153	0.126	0.054	0.0123	0.000063	0.0017	0.1308	0.0313	0.0167
	221	35.0	0.093	0.042	0.234	0.281	0.032	0.0050	0.000016	0.0023	0.0159	0.0014	0.0058
	221	45.0	0.086	0.037	0.223	0.389	0.036	0.0039	0.000020	0.0028	0.0293	0.0025	0.0064
	221	55.0	0.084	0.037	0.225	0.360	0.048	0.0023	0.000013	0.0026	0.0478	0.0059	0.0078
	221	65.0	0.085	0.037	0.191	0.452	0.046	0.0014	0.000013	0.0026	0.0200	0.0018	0.0073
	221	75.0	0.101	0.056	0.150	0.463	0.047	0.0810	0.000018	0.0015	0.0107	0.0059	0.0058
	221	85.0	0.117	0.077	0.124	0.372	0.044	0.0638	0.000007	0.0024	0.0200	0.0023	0.0060
	221	95.0	0.119	0.099	0.118	0.354	0.034	0.0967	0.000006	0.0043	0.0093	0.0039	0.0116

ANEXO A11.2 - Monitorização dos Talhões Experimentais. Talhão II

			40.08	24.312	39.102	22.9898	18.039	1	63.54	65.37	26.9815	55.847	54.9381
Amostr.	Tempo	Prof.	Ca2+	Mg2+	K+	Na+	NH4+	H+	Cu2+	Zn2+	Al3+	Fe 2+	Mn 2+
N°	(Dias)	(cm)	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3
9	284	2.5	0.206	0.184	0.635	0.474	0.175	0.0005	0.00024	0.0009	0.1134	0.0378	0.0109
	284	7.5	0.058	0.061	0.458	0.279	0.108	0.0415	0.00025	0.0012	0.2224	0.0295	0.0180
	284	15.0	0.027	0.020	0.464	0.278	0.031	0.0065	0.00013	0.0009	0.2309	0.0363	0.0171
	284	25.0	0.027	0.019	0.471	0.285	0.034	0.0040	0.000048	0.0011	0.1386	0.0432	0.0047
	284	35.0	0.043	0.022	0.405	0.232	0.026	0.0041	0.000016	0.0008	0.0215	0.0041	0.0020
10	284	45.0	0.046	0.023	0.358	0.229	0.049	0.0037	0.000012	0.0008	0.0115	0.0025	0.0016
	292	2.5	0.516	0.659	3.539	1.560	1.767	0.0001	0.00046	0.0012	0.0726	0.0226	0.0137
	292	7.5	0.170	0.174	1.446	0.844	0.594	0.0056	0.00019	0.0003	0.0715	0.0159	0.0157
	292	15.0	0.047	0.048	1.170	0.708	0.463	0.0651	0.00016	0.0003	0.1419	0.0328	0.0111
	292	25.0	0.065	0.052	0.817	0.543	0.339	0.0127	0.00003	0.0003	0.0159	0.0036	0.0073
30/4/94	292	35.0	0.067	0.048	0.787	0.398	0.149	0.0028	0.000042	0.0020	0.0085	0.0009	0.0055
	292	45.0	0.146	0.038	0.430	0.313	0.120	0.0055	0.000017	0.0008	0.0122	0.0036	0.0053
	302	2.5	0.495	0.588	2.313	1.273	0.733	0.0003	0.00056	0.0006	0.0285	0.0082	0.0129
	302	7.5	0.243	0.245	1.298	0.799	0.478	0.0117	0.00009	0.0003	0.0204	0.0025	0.0291
	302	15.0	0.114	0.114	1.041	0.662	0.463	0.0186	0.00008	0.0005	0.0274	0.0032	0.0177
10/5/94	302	25.0	0.114	0.087	0.998	0.620	0.440	0.0101	0.000022	0.0002	0.0100	0.0014	0.0046
	302	35.0	0.087	0.056	0.474	0.355	0.245	0.0063	0.000019	0.0004	0.0044	0.0005	0.0047
	302	45.0	0.226	0.190	0.621	0.385	0.291	0.0016	0.000028	0.0004	0.0059	0.0013	0.0086
	302	55.0	0.198	0.138	0.571	0.356	0.289	0.0050	0.000035	0.0011	0.0089	0.0009	0.0186
	302	65.0	0.134	0.118	0.510	0.413	0.243	0.0055	0.000020	0.0008	0.0063	0.0073	0.0157
11	302	75.0	0.091	0.046	0.303	0.279	0.051	0.0073	0.000003	0.0011	0.0096	0.0021	0.0042
	302	85.0	0.067	0.035	0.251	0.270	0.018	0.0035	0.000006	0.0012	0.0056	0.0011	0.0033
	302	95.0	0.077	0.049	0.108	0.295	0.010	0.0049	0.000019	0.0008	0.0022	0.0016	0.0013
	309	2.5	0.667	0.933	1.667	0.751	0.687	0.0002	0.00116	0.0040	0.0204	0.0072	0.0140
	309	7.5	0.242	0.222	0.997	0.704	0.205	0.0066	0.00023	0.0018	0.0419	0.0107	0.0269
17/5/94	309	15.0	0.191	0.174	1.029	0.722	0.152	0.0296	0.00009	0.0017	0.0241	0.0029	0.0320
	309	25.0	0.170	0.151	1.188	0.692	0.110	0.0219	0.000079	0.0021	0.0174	0.0029	0.0348
	309	35.0	0.141	0.099	1.004	0.536	0.116	0.0114	0.000062	0.0038	0.0397	0.0072	0.0273
	309	45.0	0.115	0.071	1.062	0.361	0.087	0.0095	0.000053	0.0035	0.0237	0.0059	0.0166
	309	55.0	0.264	0.221	1.145	0.630	0.107	0.0055	0.000060	0.0012	0.0111	0.0109	0.0280
12	309	65.0	0.228	0.186	1.071	0.460	0.095	0.0051	0.000039	0.0023	0.0248	0.0104	0.0257
	309	75.0	0.135	0.100	0.876	0.393	0.089	0.0026	0.000026	0.0014	0.0096	0.0022	0.0129
	309	85.0	0.073	0.038	0.468	0.276	0.029	0.0041	0.000035	0.0012	0.0130	0.0073	0.0076
	309	95.0	0.075	0.052	0.366	0.323	0.011	0.0055	0.000042	0.0008	0.0119	0.0018	0.0042
	330	2.5	0.561	0.633	1.054	0.526	0.404	0.0003	0.00185	0.0028	0.0393	0.0120	0.0228
7/6/94	330	7.5	0.125	0.115	0.804	0.418	0.154	0.0093	0.00026	0.0006	0.0938	0.0584	0.0315
	330	15.0	0.071	0.060	0.904	0.278	0.124	0.0099	0.00010	0.0025	0.0500	0.0098	0.0171
	330	25.0	0.095	0.050	0.971	0.239	0.090	0.0064	0.000052	0.0013	0.0352	0.0068	0.0124
	330	35.0	0.155	0.066	0.741	0.247	0.129	0.0063	0.000029	0.0010	0.0111	0.0018	0.0208
	330	45.0	0.182	0.107	0.829	0.298	0.244	0.0059	0.000021	0.0004	0.0052	0.0229	0.0311
13	330	55.0	0.148	0.113	0.672	0.315	0.132	0.0028	0.000048	0.0004	0.0345	0.0428	0.0217
	330	65.0	0.147	0.072	0.541	0.363	0.183	0.0049	0.000016	0.0023	0.0074	0.0018	0.0226
	330	75.0	0.166	0.079	0.500	0.396	0.112	0.0059	0.000015	0.0014	0.0082	0.0197	0.0218
	330	85.0	0.148	0.109	0.666	0.387	0.101	0.0079	0.000013	0.0012	0.0089	0.0269	0.0116
	330	95.0	0.136	0.137	0.145	0.455	0.070	0.0120	0.000009	0.0008	0.0044	0.0007	0.0056
14	378	2.5	0.733	0.748	1.199	0.857	0.382	0.0003	0.00099	0.0007	0.0763	0.0116	0.0264
	378	7.5	0.132	0.141	0.873	0.648	0.175	0.0147	0.00015	0.0003	0.1019	0.0150	0.0340
	378	15.0	0.090	0.089	1.014	0.362	0.129	0.0323	0.000077	0.0002	0.0927	0.0084	0.0224
	378	25.0	0.153	0.070	0.565	0.303	0.138	0.1320	0.000047	0.0004	0.0938	0.0054	0.0193
	378	35.0	0.114	0.053	0.510	0.271	0.141	0.4184	0.000038	0.0003	0.0226	0.0106	0.0146
25/7/94	378	45.0	0.042	0.025	0.686	0.293	0.248	1.2548	0.000071	0.0005	0.0056	0.0004	0.0178
	452	2.5	0.915	1.279	1.754	0.863	0.432	0.0003	0.00066	0.0006	0.0359	0.0056	0.0157
	452	7.5	0.365	0.405	1.055	0.810	0.387	0.0069	0.00014	0.0004	0.0860	0.0131	0.0577
	452	15.0	0.218	0.205	0.938	0.754	0.367	0.0173	0.00007	0.0003	0.0419	0.0030	0.0493
	452	25.0	0.184	0.157	1.311	0.682	0.331	0.0185	0.000038	0.0003	0.0408	0.0027	0.0288
7/10/94	452	35.0	0.159	0.098	1.064	0.436	0.344	0.0074	0.000032	0.0005	0.0378	0.0018	0.0129
	452	45.0	0.129	0.091	0.801	0.601	0.412	0.0049	0.000031	0.0002	0.0400	0.0038	0.0238
	511	2.5	0.451	0.536	1.764	0.495	0.403	0.0002	0.00057	0.0008	0.0567	0.0106	0.0056
	511	7.5	0.229	0.252	0.773	0.275	0.259	0.0009	0.00040	0.0008	0.0808	0.0215	0.0107
	511	15.0	0.110	0.099	0.800	0.237	0.214	0.0046	0.00040	0.0018	0.0889	0.0254	0.0122
16	511	25.0	0.059	0.060	0.739	0.206	0.146	0.0065	0.000105	0.0008	0.1660	0.0432	0.0120
	511	35.0	0.034	0.038	0.793	0.289	0.122	0.0049	0.000056	0.0004	0.0864	0.0193	0.0051
	511	45.0	0.042	0.039	0.746	0.287	0.138	0.0055	0.000025	0.0003	0.0282	0.0057	0.0033
	511	55.0	0.052	0.035	0.707	0.369	0.199	0.0041	0.000016	0.0006	0.0093	0.0018	0.0025
	511	65.0	0.063	0.040	0.690	0.437	0.143	0.0069	0.000009	0.0005	0.0070	0.0016	0.0042
5/12/94	511	75.0	0.074	0.043	0.675	0.357	0.175	0.0052	0.000010	0.0004	0.0063	0.0013	0.0056
	511	85.0	0.092	0.065	0.962	0.371	0.205	0.0080	0.000000	0.0003	0.0056	0.0005	0.0053
	511	95.0	0.092	0.086	0.738	0.487	0.261	0.0084	0.000010	0.0008	0.0026	0.0008	0.0035

ANEXO A11.2 (Continuação)

Monitorização dos Talhões Experimentais - TALHÃO II

TALHÃO II - 2 m3 de efluente de porco/Talhão (13L/m2)

			35.453	96.062	62.005	46.006	18.9984	79.904	95.9794			
Amostr. Nº	Tempo (Dias)	Prof. (cm)	CL- mol./m3	SO42- mol./m3	NO3- mol./m3	NO2- mol./m3	F- mol./m3	Br- mol./m3	PO43- mol./m3	HCO3- mol./m3	Prof. (cm)	Tempo (Dias)
1	0	2.5	1.069	0.371	3.604	0.000			0.000	0.000	2.5	0
17/7/93	0	7.5	0.880	0.229	1.860	0.000			0.000	0.000	7.5	0
	0	15.0	0.516	0.124	0.614	0.000	0.052		0.004	0.091	15.0	0
	0	25.0	0.524	0.083	0.495	0.000			0.000	0.080	25.0	0
	0	35.0	0.522	0.056	0.489	0.000	0.063		0.000	0.080	35.0	0
	0	45.0	0.552	0.062	0.506	0.000	0.258		0.000	0.080	45.0	0
2	4	2.5	4.629	0.766	5.047	0.000			0.000	5.560	2.5	4
20/7/93	4	7.5	4.397	0.455	4.848	0.000			0.000	0.000	7.5	4
	4	15.0	3.547	0.393	2.741	0.000			0.000	0.000	15.0	4
3	11	2.5	9.417	1.122	2.556	0.000			0.000	3.180	2.5	11
27/7/93	11	7.5	4.296	0.671	1.426	0.000			0.000	0.840	7.5	11
	11	15.0	2.717	0.388	1.422	0.000			0.000	0.080	15.0	11
4	18	2.5	9.200	1.132	4.242	0.000			0.000	1.820	2.5	18
3/8/93	18	7.5	3.853	0.507	3.570	0.000			0.000	0.000	7.5	18
	18	15.0	2.721	0.268	1.516	0.000			0.000	0.000	15.0	18
5	74	2.5	9.761	1.183	5.710	0.000			0.000	0.660	2.5	74
28/9/93	74	7.5	3.028	0.484	3.749	0.000			0.000	0.100	7.5	74
	74	15.0	1.812	0.273	2.302	0.000			0.000	0.000	15.0	74
	74	25.0	2.297	0.193	2.004	0.000			0.000	0.000	25.0	74
	74	35.0	2.150	0.062	0.945	0.000			0.000	0.000	35.0	74
	74	45.0	1.187	0.046	1.151	0.000			0.000	0.130	45.0	74
	74	55.0	1.525	0.134	1.326	0.000			0.000	0.040	55.0	74
	74	65.0	1.556	0.095	1.374	0.000			0.000	0.100	65.0	74
	74	75.0	1.696	0.061	1.491	0.000			0.000	0.000	75.0	74
	74	85.0	0.902	0.052	0.961	0.000			0.000	0.000	85.0	74
	74	95.0	0.478	0.075	0.791	0.000			0.000	0.120	95.0	74
6	118	2.5	1.013	0.219	0.718	0.000			0.000	0.440	2.5	118
11/11/93	118	7.5	0.482	0.104	0.932	0.000			0.003	0.180	7.5	118
	118	15.0	0.695	0.089	0.578	0.000			0.000	0.000	15.0	118
	118	25.0	1.611	0.087	0.449	0.000			0.000	0.120	25.0	118
	118	35.0	0.258	0.105	0.574	0.002			0.000	0.040	35.0	118
	118	45.0	0.252	0.095	0.306	0.000			0.000	0.120	45.0	118
	118	55.0	0.282	0.119	0.886	0.000			0.000	0.000	55.0	118
	118	65.0	0.298	0.100	0.669	0.000			0.000	0.080	65.0	118
	118	75.0	1.111	0.097	0.544	0.000			0.000	0.080	75.0	118
	118	85.0	0.564	0.090	0.467	0.000			0.000	0.120	85.0	118
	118	95.0	0.583	0.107	0.575	0.000			0.000	0.060	95.0	118
7	159	2.5	1.851	0.125	0.574	0.000	0.003	0.000	0.002	0.280	2.5	159
22/12/93	159	7.5	0.940	0.108	0.401	0.000	0.011	0.001	0.001	0.180	7.5	159
	159	15.0	0.903	0.104	0.385	0.000	0.011	0.001	0.000	0.080	15.0	159
	159	25.0	0.837	0.107	0.253	0.000	0.012	0.001	0.000	0.040	25.0	159
	159	35.0	0.408	0.115	0.264	0.000	0.015	0.002	0.000	0.080	35.0	159
	159	45.0	0.336	0.103	0.440	0.002	0.026	0.002	0.000	0.040	45.0	159
	159	55.0	0.432	0.147	0.392	0.000	0.013	0.002	0.000	0.000	55.0	159
	159	65.0	0.340	0.122	0.260	0.000	0.005	0.002	0.000	0.080	65.0	159
	159	75.0	0.290	0.068	0.222	0.000	0.007	0.001	0.000	0.100	75.0	159
	159	85.0	0.456	0.061	0.152	0.008	0.000	0.001	0.000	0.100	85.0	159
	159	95.0	0.495	0.049	0.219	0.000	0.000	0.001	0.000	0.060	95.0	159
8	221	2.5	1.162	0.087	0.353	0.005	0.014	0.000	0.006	0.520	2.5	221
18/2/94	221	7.5	0.966	0.087	0.286	0.000	0.025	0.000	0.000	0.220	7.5	221
	221	15.0	0.387	0.112	0.291	0.000	0.025	0.001	0.000	0.200	15.0	221
	221	25.0	0.269	0.107	0.367	0.000	0.019	0.001	0.001	0.128	25.0	221
	221	35.0	0.188	0.144	0.214	0.000	0.022	0.002	0.001	0.180	35.0	221
	221	45.0	0.255	0.136	0.246	0.009	0.027	0.002	0.002	0.196	45.0	221
	221	55.0	0.270	0.161	0.255	0.001	0.017	0.001	0.000	0.100	55.0	221
	221	65.0	0.287	0.098	0.306	0.001	0.009	0.002	0.001	0.140	65.0	221
	221	75.0	0.344	0.089	0.573	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	75.0	221
	221	85.0	0.358	0.067	0.548	0.001	0.013	0.001	0.000	0.000	85.0	221
	221	95.0	0.300	0.077	0.543	0.000	0.011	0.002	0.000	0.000	95.0	221

ANEXO A11.2 - Monitorização dos Talhões Experimentais. Talhão II

		35.453		96.062	62.005	46.006	18.9984	79.904	95.9794			
Amostr.	Tempo	Prof.	CL-	SO42-	NO3-	NO2-	F-	Br-	PO43-	HCO3-	Prof.	Tempo
Nº	(Dias)	(cm)	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	(cm)	(Dias)
9	284	2.5	0.760	0.144	0.851	0.002	0.013	0.000	0.024	0.490	2.5	284
22/4/94	284	7.5	0.695	0.104	0.673	0.000	0.025	0.001	0.006	0.260	7.5	284
	284	15.0	0.592	0.128	0.569	0.000	0.021	0.001	0.010	0.200	15.0	284
	284	25.0	0.411	0.176	0.445	0.000	0.010	0.001	0.000	0.130	25.0	284
	284	35.0	0.172	0.213	0.167	0.000	0.020	0.001	0.000	0.100	35.0	284
	284	45.0	0.196	0.178	0.171	0.000	0.022	0.002	0.001	0.060	45.0	284
10	292	2.5	1.195	0.456	0.922	0.000	0.072	0.006	0.485	4.890	2.5	292
30/4/94	292	7.5	1.566	0.311	1.397	0.000	0.021	0.000	0.010	0.200	7.5	292
	292	15.0	1.192	0.149	1.563	0.000	0.000	0.003	0.007	0.000	15.0	292
	292	25.0	1.034	0.139	0.626	0.000	0.000	0.004	0.000	0.050	25.0	292
	292	35.0	0.791	0.125	0.482	0.000	0.000	0.004	0.000	0.070	35.0	292
	292	45.0	0.475	0.170	0.419	0.000	0.000	0.005	0.000	0.050	45.0	292
11	302	2.5	1.803	0.442	2.450	0.000	0.000	0.000	0.099	1.110	2.5	302
10/5/94	302	7.5	1.479	0.329	1.392	0.000	0.000	0.000	0.008	0.060	7.5	302
	302	15.0	1.296	0.140	1.152	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	15.0	302
	302	25.0	0.965	0.173	1.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	25.0	302
	302	35.0	0.390	0.158	0.619	0.000	0.000	0.004	0.000	0.040	35.0	302
	302	45.0	0.573	0.274	0.861	0.000	0.000	0.004	0.000	0.110	45.0	302
	302	55.0	0.602	0.255	0.894	0.000	0.000	0.004	0.000	0.065	55.0	302
	302	65.0	0.585	0.188	0.714	0.000	0.000	0.004	0.000	0.040	65.0	302
	302	75.0	0.386	0.079	0.373	0.000	0.000	0.004	0.000	0.030	75.0	302
	302	85.0	0.304	0.070	0.274	0.000	0.000	0.004	0.000	0.045	85.0	302
	302	95.0	0.288	0.077	0.133	0.000	0.000	0.004	0.000	0.120	95.0	302
12	309	2.5	1.321	0.272	1.635	0.200	0.040	0.003	0.276	1.770	2.5	309
17/5/94	309	7.5	0.964	0.154	1.356	0.000	0.000	0.003	0.012	0.260	7.5	309
	309	15.0	1.193	0.124	1.232	0.000	0.000	0.003	0.000	0.105	15.0	309
	309	25.0	1.165	0.096	1.307	0.000	0.000	0.004	0.000	0.110	25.0	309
	309	35.0	0.896	0.096	1.102	0.000	0.000	0.005	0.000	0.125	35.0	309
	309	45.0	0.781	0.069	0.967	0.000	0.000	0.005	0.000	0.110	45.0	309
	309	55.0	0.895	0.219	1.409	0.000	0.000	0.004	0.000	0.170	55.0	309
	309	65.0	0.829	0.190	1.216	0.000	0.000	0.004	0.000	0.150	65.0	309
	309	75.0	0.599	0.090	0.936	0.000	0.000	0.004	0.000	0.160	75.0	309
	309	85.0	0.443	0.061	0.287	0.000	0.053	0.004	0.000	0.170	85.0	309
	309	95.0	0.470	0.053	0.256	0.000	0.045	0.004	0.000	0.170	95.0	309
13	330	2.5	0.707	0.270	0.951	0.089	0.000	0.004	0.245	1.540	2.5	330
7/6/94	330	7.5	0.637	0.179	0.640	0.000	0.000	0.004	0.011	0.650	7.5	330
	330	15.0	0.572	0.178	0.568	0.000	0.000	0.005	0.007	0.190	15.0	330
	330	25.0	0.487	0.182	0.612	0.000	0.040	0.006	0.000	0.230	25.0	330
	330	35.0	0.309	0.173	0.705	0.000	0.063	0.007	0.000	0.220	35.0	330
	330	45.0	0.426	0.144	0.871	0.000	0.113	0.007	0.000	0.220	45.0	330
	330	55.0	0.484	0.234	0.636	0.000	0.000	0.006	0.000	0.240	55.0	330
	330	65.0	0.396	0.125	0.770	0.000	0.059	0.007	0.000	0.180	65.0	330
	330	75.0	0.416	0.068	0.757	0.000	0.102	0.006	0.000	0.150	75.0	330
	330	85.0	0.638	0.060	0.650	0.000	0.095	0.007	0.000	0.150	85.0	330
	330	95.0	0.399	0.078	0.424	0.000	0.080	0.007	0.000	0.140	95.0	330
14	378	2.5	1.217	0.322	1.252	0.154	0.000	0.004	0.273	1.470	2.5	378
25/7/94	378	7.5	0.992	0.222	0.994	0.000	0.000	0.003	0.009	0.195	7.5	378
	378	15.0	0.861	0.188	0.815	0.000	0.000	0.000	0.000	0.150	15.0	378
	378	25.0	0.659	0.141	0.914	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	25.0	378
	378	35.0	0.448	0.145	1.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	35.0	378
	378	45.0	0.689	0.219	1.496	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	45.0	378
15	452	2.5	2.385	0.397	2.318	0.173	0.021	0.001	0.191	1.300	2.5	452
7/10/94	452	7.5	1.520	0.281	1.801	0.000	0.016	0.002	0.013	0.250	7.5	452
	452	15.0	1.085	0.189	1.507	0.000	0.016	0.001	0.000	0.150	15.0	452
	452	25.0	1.125	0.165	1.484	0.000	0.020	0.002	0.000	0.150	25.0	452
	452	35.0	0.925	0.198	0.956	0.000	0.021	0.002	0.000	0.185	35.0	452
	452	45.0	0.861	0.153	0.957	0.000	0.022	0.003	0.000	0.190	45.0	452
16	511	2.5	1.211	0.185	0.737	0.112	0.024	0.001	0.175	1.850	2.5	511
5/12/94	511	7.5	0.770	0.167	0.412	0.034	0.024	0.006	0.102	0.675	7.5	511
	511	15.0	0.712	0.182	0.463	0.000	0.020	0.001	0.016	0.290	15.0	511
	511	25.0	0.727	0.184	0.445	0.000	0.022	0.001	0.011	0.245	25.0	511
	511	35.0	0.578	0.168	0.399	0.000	0.020	0.001	0.000	0.240	35.0	511
	511	45.0	0.462	0.179	0.382	0.000	0.021	0.002	0.000	0.180	45.0	511
	511	55.0	0.492	0.159	0.407	0.000	0.018	0.001	0.000	0.205	55.0	511
	511	65.0	0.582	0.097	0.457	0.000	0.023	0.002	0.000	0.200	65.0	511
	511	75.0	0.544	0.062	0.591	0.000	0.027	0.002	0.000	0.195	75.0	511
	511	85.0	0.650	0.048	0.862	0.000	0.013	0.002	0.000	0.210	85.0	511
	511	95.0	0.690	0.063	0.793	0.000	0.013	0.003	0.000	0.200	95.0	511

ANEXO A11.2 (Continuação)

Monitorização dos Talhões Experimentais - TALHÃO II

TALHÃO II - 2 m3 de efluente de porco/Talhão (13L/m2)

													*1	*1	12.01115	31.9994
Amostr.	Tempo	Prof.	pH	EC	Eh	Acidez	Alcalin.	DOC	CQO	Prof.	Tempo	Amostr.				
Nº	(Dias)	(cm)		(µS/cm)	mV	(meq/L)	(meq./L)	mol./m3	mol./m3	(cm)	(Dias)	Nº				
1	0	2.5	3.601	650.0	326.0	2.40	0.00	6.605	7.435	2.5	0	1				
17/7/93	0	7.5	3.503	450.0	374.4	2.14	0.00	2.195	2.814	7.5	0	17/7/93				
	0	15.0	4.901	220.0	279.6	0.58	0.09	0.810	1.125	15.0	0					
	0	25.0	5.343	142.5	275.0	0.40	0.08	0.860	0.796	25.0	0					
	0	35.0	5.374	164.0	237.6	0.45	0.08	0.673	1.784	35.0	0					
	0	45.0	5.590	144.0	187.3	0.45	0.08	0.737	1.784	45.0	0					
2	4	2.5	7.432	2500.0	135.5	1.46	5.56	30.708	22.667	2.5	4	2				
20/7/93	4	7.5	2.816	2100.0	455.0	8.50	0.00	6.591	8.207	7.5	4	20/7/93				
	4	15.0	2.752	1900.0	365.5	9.92	0.00	5.844	6.466	15.0	4					
3	11	2.5	7.167	2750.0	157.8	2.04	3.18	27.059	33.641	2.5	11	3				
27/7/93	11	7.5	6.233	1320.0	172.8	3.68	0.84	13.770	17.215	7.5	11	27/7/93				
	11	15.0	4.690	785.0	213.3	1.44	0.08	3.601	4.234	15.0	11					
4	18	2.5	6.971	2450.0	148.0	2.06	1.82	16.340	21.996	2.5	18	4				
3/8/93	18	7.5	3.794	1170.0	388.9	3.64	0.00	7.759	9.672	7.5	18	3/8/93				
	18	15.0	4.389	500.0	220.4	1.28	0.00	3.677	4.551	15.0	18					
5	74	2.5	6.272	2500.0	204.6	0.46	0.66	14.373	17.971	2.5	74	5				
28/9/93	74	7.5	4.801	930.0	255.6	0.46	0.10	5.715	6.386	7.5	74	28/9/93				
	74	15.0	3.682	655.0	336.9	0.52	0.00	2.184	2.677	15.0	74					
	74	25.0	3.314	690.0	336.8	0.86	0.00	2.174	2.664	25.0	74					
	74	35.0	3.299	490.0	349.8	0.66	0.00	1.986	2.429	35.0	74					
	74	45.0	6.009	310.0	274.0	0.38	0.13	1.736	2.116	45.0	74					
	74	55.0	4.651	450.0	253.3	0.20	0.04	1.086	2.146	55.0	74					
	74	65.0	5.503	435.0	229.9	0.12	0.10	1.105	1.663	65.0	74					
	74	75.0	4.007	495.0	298.6	0.20	0.00	1.054	1.469	75.0	74					
	74	85.0	3.597	310.0	357.8	0.34	0.00	1.081	5.298	85.0	74					
	74	95.0	5.864	170.0	309.5	0.12	0.12	0.812	1.125	95.0	74					
6	118	2.5	6.325	225.0	204.8	0.86	0.44	6.180	7.692	2.5	118	6				
11/11/93	118	7.5	5.135	160.0	259.0	0.90	0.18	4.297	5.328	7.5	118	11/11/93				
	118	15.0	3.743	196.0	301.8	0.84	0.00	1.324	1.285	15.0	118					
	118	25.0	4.733	270.0	253.9	0.50	0.12	1.591	1.934	25.0	118					
	118	35.0	5.347	92.0	286.2	0.38	0.04	0.983	1.375	35.0	118					
	118	45.0	5.187	121.0	241.8	0.38	0.12	1.459	1.733	45.0	118					
	118	55.0	3.756	135.0	314.9	0.82	0.00	1.283	1.547	55.0	118					
	118	65.0	5.331	100.0	292.2	0.34	0.08	0.668	1.105	65.0	118					
	118	75.0	4.417	251.0	287.4	0.66	0.08	1.178	1.953	75.0	118					
	118	85.0	5.047	137.0	280.9	0.40	0.12	0.866	1.182	85.0	118					
	118	95.0	4.752	150.0	285.2	0.74	0.06	0.720	1.676	95.0	118					
7	159	2.5	5.938	414.0	466.2	0.36	0.28	4.118	5.105	2.5	159	7				
22/12/93	159	7.5	4.980	222.0	458.8	0.60	0.18	4.177	5.179	7.5	159	22/12/93				
	159	15.0	4.979	155.1	455.3	0.38	0.08	1.205	2.034	15.0	159					
	159	25.0	5.116	125.5	468.3	0.30	0.04	1.026	1.553	25.0	159					
	159	35.0	5.243	81.7	416.9	0.22	0.08	0.942	1.924	35.0	159					
	159	45.0	4.298	113.8	425.1	0.28	0.04	0.905	1.332	45.0	159					
	159	55.0	4.515	126.0	447.9	0.28	0.00	1.507	2.515	55.0	159					
	159	65.0	5.487	94.0	412.2	0.20	0.08	1.141	1.368	65.0	159					
	159	75.0	5.340	78.0	399.9	0.28	0.10	0.993	1.184	75.0	159					
	159	85.0	5.468	61.6	464.4	0.40	0.10	0.259	1.406	85.0	159					
	159	95.0	4.860	100.6	413.2	0.20	0.06	0.260	1.739	95.0	159					
8	221	2.5	6.469	152.0	315.0	0.44	0.52	5.104	6.342	2.5	221	8				
18/2/94	221	7.5	5.194	110.0	353.5	0.49	0.22	3.830	0.937	7.5	221	18/2/94				
	221	15.0	5.039	87.0	338.9	0.32	0.20	1.981	0.594	15.0	221					
	221	25.0	4.980	93.0	341.6	0.30	0.13	1.993	4.123	25.0	221					
	221	35.0	5.375	92.0	312.5	0.31	0.18	0.838	6.372	35.0	221					
	221	45.0	5.475	106.0	304.5	0.22	0.20	1.135	1.726	45.0	221					
	221	55.0	5.713	104.0	316.2	0.28	0.10	0.664	1.409	55.0	221					
	221	65.0	5.937	102.0	311.0	0.20	0.14	0.570	0.943	65.0	221					
	221	75.0	4.162	133.0	350.6	0.37	0.00	0.703	1.564	75.0	221					
	221	85.0	4.266	120.0	351.4	0.26	0.00	0.522	1.564	85.0	221					
	221	95.0	4.085	149.0	361.6	0.30	0.00	0.395	4.782	95.0	221					

													*1	*1	12.01115	31.9994
Amostr. N°	Tempo (Dias)	Prof. (cm)	pH	EC (µS/cm)	Eh mV	Acidez (meq/L)	Alcalin. (meq/L)	DOC mol./m3	CQO mol./m3	Prof. (cm)	Tempo (Dias)	Amostr. N°				
22/4/94	284	2.5	6.334	223.0	255.2	0.12	0.49	4.396	5.352	2.5	284	22/4/94				
	284	7.5	4.453	109.3	280.2	0.32	0.26	4.378	5.430	7.5	284					
	284	15.0	5.255	100.8	234.4	0.44	0.20	3.039	3.750	15.0	284					
	284	25.0	5.465	111.0	315.8	0.18	0.13	1.607	1.953	25.0	284					
	284	35.0	5.459	96.2	307.6	1.09	0.10	1.102	0.798	35.0	284					
30/4/94	284	45.0	5.506	91.3	303.5	0.11	0.06	0.331	1.141	45.0	284	30/4/94				
	292	2.5	7.127	1147.0	284.4	0.60	4.89	14.994	19.344	2.5	292					
	292	7.5	5.321	384.0	299.9	0.38	0.20	3.457	4.594	7.5	292					
	292	15.0	4.257	313.0	286.2	0.45	0.00	2.985	5.682	15.0	292					
	292	25.0	4.966	229.0	305.9	0.17	0.05	1.375	2.273	25.0	292					
10/5/94	292	35.0	5.630	145.5	279.9	0.21	0.07	1.140	1.983	35.0	292	10/5/94				
	292	45.0	5.334	140.8	254.6	0.24	0.05	0.786	0.940	45.0	292					
	302	2.5	6.635	694.0	260.0	0.21	1.11	7.590	9.460	2.5	302					
	302	7.5	5.003	358.0	308.9	0.22	0.06	3.011	3.716	7.5	302					
	302	15.0	4.800	346.0	286.9	0.30	0.03	1.909	2.858	15.0	302					
17/5/94	302	25.0	5.067	307.0	277.6	0.19	0.04	1.694	11.175	25.0	302	17/5/94				
	302	35.0	5.272	188.0	276.7	0.14	0.04	1.508	1.829	35.0	302					
	302	45.0	5.866	243.0	270.5	0.11	0.11	1.645	2.001	45.0	302					
	302	55.0	5.374	274.0	283.5	0.14	0.07	1.845	2.253	55.0	302					
	302	65.0	5.333	223.0	279.1	0.12	0.04	0.822	2.772	65.0	302					
17/5/94	302	75.0	5.205	95.0	271.0	0.11	0.03	0.752	1.529	75.0	302	17/5/94				
	302	85.0	5.529	75.0	270.3	0.06	0.05	0.704	0.972	85.0	302					
	302	95.0	5.377	80.0	206.6	0.17	0.12	0.948	0.945	95.0	302					
	309	2.5	6.742	560.0	252.9	0.33	1.77	7.352	8.141	2.5	309					
	309	7.5	5.252	310.0	332.1	0.20	0.26	3.824	4.579	7.5	309					
7/6/94	309	15.0	4.600	328.0	266.0	0.21	0.11	1.433	1.373	15.0	309	7/6/94				
	309	25.0	4.730	272.0	251.4	0.24	0.11	1.102	2.314	25.0	309					
	309	35.0	5.012	212.0	270.6	0.16	0.13	1.194	0.957	35.0	309					
	309	45.0	5.091	146.0	268.8	0.14	0.11	0.965	0.767	45.0	309					
	309	55.0	5.329	288.0	268.3	0.20	0.17	1.463	0.978	55.0	309					
7/6/94	309	65.0	5.363	248.0	267.6	0.08	0.15	1.111	3.695	65.0	309	7/6/94				
	309	75.0	5.657	116.1	308.0	0.05	0.16	0.970	1.183	75.0	309					
	309	85.0	5.457	85.2	314.8	0.05	0.17	1.398	2.013	85.0	309					
	309	95.0	5.329	80.4	322.5	0.03	0.17	1.344	1.064	95.0	309					
	330	2.5	6.562	380.0	275.2	0.10	1.54	8.223	7.388	2.5	330	7/6/94				
25/7/94	330	7.5	5.101	278.4	175.1	0.15	0.65	4.826	4.370	7.5	330					
	330	15.0	5.076	153.2	269.3	0.18	0.19	2.103	2.576	15.0	330					
	330	25.0	5.263	146.4	268.9	0.13	0.23	1.834	2.239	25.0	330					
	330	35.0	5.274	160.8	273.2	0.10	0.22	2.772	4.073	35.0	330					
25/7/94	330	45.0	5.303	188.2	274.6	0.08	0.22	2.427	2.390	45.0	330	25/7/94				
	330	55.0	5.628	164.6	251.2	0.10	0.24	2.296	1.446	55.0	330					
	330	65.0	5.383	172.5	268.7	0.08	0.18	1.861	1.536	65.0	330					
	330	75.0	5.298	155.6	260.3	0.08	0.15	2.030	1.920	75.0	330					
	330	85.0	5.172	138.6	268.8	0.08	0.15	1.967	1.361	85.0	330					
25/7/94	330	95.0	4.993	135.2	267.8	0.08	0.14	1.438	1.665	95.0	330	25/7/94				
	378	2.5	6.584	537.0	291.4	0.15	1.47	8.910	10.555	2.5	378					
	378	7.5	4.902	212.0	282.5	0.18	0.20	3.206	4.735	7.5	378					
	378	15.0	4.562	182.0	299.1	0.13	0.15	2.203	1.902	15.0	378					
	378	25.0	3.950	186.0	340.1	0.25	0.05	2.088	1.858	25.0	378					
7/10/94	378	35.0	3.449	215.0	380.7	0.35	0.00	1.830	2.451	35.0	378	7/10/94				
	378	45.0	2.972	492.0	417.7	1.05	0.00	2.037	2.600	45.0	378					
	452	2.5	6.597	672.0	280.6	0.18	1.30	6.391	7.304	2.5	452					
	452	7.5	5.232	404.0	280.2	0.18	0.25	2.956	3.646	7.5	452					
	452	15.0	4.832	310.0	291.6	0.15	0.15	2.507	2.221	15.0	452					
5/12/94	452	25.0	4.804	267.0	272.9	0.13	0.15	1.837	1.675	25.0	452	5/12/94				
	452	35.0	5.204	223.0	290.2	0.10	0.19	2.022	1.573	35.0	452					
	452	45.0	5.382	264.0	267.0	0.10	0.19	2.205	2.381	45.0	452					
	511	2.5	6.715	351.0	276.0	0.18	1.85	5.044	5.893	2.5	511					
	511	7.5	6.095	173.9	264.2	0.25	0.68	4.787	6.404	7.5	511					
5/12/94	511	15.0	5.409	150.0	271.3	0.15	0.29	3.208	9.636	15.0	511	5/12/94				
	511	25.0	5.255	121.2	279.4	0.18	0.25	1.795	3.483	25.0	511					
	511	35.0	5.378	104.2	269.4	0.13	0.24	1.923	1.629	35.0	511					
	511	45.0	5.332	114.6	284.4	0.10	0.18	1.145	2.513	45.0	511					
	511	55.0	5.456	125.7	352.9	0.08	0.21	1.097	1.314	55.0	511					
5/12/94	511	65.0	5.229	126.6	337.4	0.05	0.20	1.028	1.227	65.0	511	5/12/94				
	511	75.0	5.351	135.6	343.5	0.05	0.20	0.870	1.409	75.0	511					
	511	85.0	5.168	141.2	349.5	0.08	0.21	0.897	1.323	85.0	511					
	511	95.0	5.145	158.6	336.1	0.05	0.20	0.777	0.913	95.0	511					

ANEXO A11.3

Monitorização dos Talhões Experimentais - TALHÃO III

TALHÃO III - 4 m3 de efluente de porco/Talhão (26L/m2)

			40.08	24.312	39.102	22.9898	18.039	1	63.54	65.37	26.9815	55.847	54.9381
Amostr.	Tempo	Prof.	Ca2+	Mg2+	K+	Na+	NH4+	H+	Cu2+	Zn2+	Al3+	Fe 2+	Mn 2+
Nº	(Dias)	(cm)	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3
1	0	2.5	0.412	0.370	0.670	1.357	0.443	0.9281	0.00023	0.0035	0.0597	0.0079	0.0408
17/7/93	0	7.5	0.389	0.267	0.501	0.887	0.310	0.4331	0.00016	0.0032	0.0708	0.0079	0.0715
	0	15.0	0.187	0.161	0.257	0.501	0.215	1.2664	0.00010	0.0029	0.0678	0.0029	0.0209
	0	25.0	0.234	0.140	0.146	0.422	0.078	0.2942	0.000050	0.0029	0.0330	0.0041	0.0060
	0	35.0	0.190	0.080	0.084	0.304	0.052	0.0008	0.000031	0.0029	0.0133	0.0036	0.0020
	0	45.0	0.195	0.095	0.092	0.422	0.094	0.0013	0.000044	0.0031	0.0130	0.0029	0.0024
2	4	2.5	0.600	0.340	9.539	5.775	6.157	0.0001	0.00798	0.0040	0.2980	0.0863	0.0848
20/7/93	4	7.5	0.208	0.127	3.453	2.344	4.126	0.0003	0.00092	0.0031	0.2272	0.0548	0.0289
	4	15.0	0.299	0.127	1.629	2.771	2.299	0.0012	0.00031	0.0034	0.1397	0.0319	0.0102
3	11	2.5	0.853	0.563	10.693	7.395	6.059	0.0001	0.00121	0.0035	0.1924	0.0526	0.0393
27/7/93	11	7.5	0.274	0.111	3.312	2.284	3.649	0.0030	0.00062	0.0063	0.1571	0.0421	0.0284
	11	15.0	0.247	0.218	1.591	1.544	2.127	0.5842	0.00016	0.0024	0.0545	0.0100	0.0273
4	18	2.5	0.956	0.658	10.276	7.460	4.154	0.0006	0.00068	0.0028	0.1090	0.0389	0.0395
3/8/93	18	7.5	0.215	0.123	3.304	2.262	2.821	0.0127	0.00033	0.0032	0.0789	0.0183	0.0238
	18	15.0	0.449	0.197	1.609	1.740	1.605	0.1196	0.00012	0.0028	0.0400	0.0093	0.0453
5	74	2.5	1.073	0.915	9.247	8.700	4.108	0.0089	0.00035	0.0013	0.0367	0.0115	0.0218
28/9/93	74	7.5	0.462	0.473	3.836	3.110	1.791	0.3024	0.00018	0.0005	0.0341	0.0047	0.0220
	74	15.0	0.544	0.362	2.084	1.936	0.893	0.0461	0.00007	0.0007	0.0167	0.0005	0.0329
	74	25.0	0.736	0.485	1.514	1.840	0.765	0.0142	0.000025	0.0012	0.0115	0.0011	0.0091
	74	35.0	0.474	0.329	0.742	2.284	0.227	0.1772	0.000050	0.0003	0.0196	0.0021	0.0035
	74	45.0	0.379	0.296	0.703	1.566	0.288	0.0105	0.000047	0.0066	0.0085	0.0023	0.0038
	74	55.0	0.672	0.467	0.952	2.247	0.605	0.3488	0.000053	0.0044	0.0163	0.0025	0.0202
	74	65.0	0.450	0.293	0.695	1.098	0.245	0.0075	0.00006	0.0001	0.0085	0.0034	0.0038
	74	75.0	0.246	0.128	0.192	0.539	0.224	1.1901	0.000028	0.0000	0.0085	0.0021	0.0013
	74	85.0	0.178	0.107	0.137	0.603	0.234	0.0168	0.000029	0.0000	0.0011	0.0006	0.0007
	74	95.0	0.110	0.151	0.046	0.415	0.184	0.0162	0.000004	0.0000	0.0004	0.0006	0.0005
6	118	2.5	0.162	0.185	1.253	2.131	0.255	0.0005	0.00025	0.0043	0.1983	0.0641	0.0155
11/11/93	118	7.5	0.100	0.058	1.018	1.701	0.216	0.0028	0.00029	0.0023	0.3491	0.0820	0.0278
	118	15.0	0.087	0.045	0.631	1.214	0.197	0.0070	0.00016	0.0015	0.1786	0.0367	0.0118
	118	25.0	0.057	0.058	0.450	0.766	0.116	0.0012	0.000053	0.0063	0.0782	0.0227	0.0022
	118	35.0	0.049	0.041	0.501	0.653	0.083	0.0030	0.000056	0.0057	0.0986	0.0288	0.0029
	118	45.0	0.060	0.066	0.402	0.683	0.144	0.0026	0.000068	0.0018	0.0949	0.0116	0.0031
	118	55.0	0.073	0.040	0.405	0.475	0.058	0.0192	0.000054	0.0032	0.0823	0.0113	0.0042
	118	65.0	0.096	0.091	0.329	0.619	0.083	0.0108	0.000046	0.0064	0.0148	0.0107	0.0055
	118	75.0	0.244	0.249	0.259	0.819	0.111	0.0307	0.000023	0.0078	0.0174	0.0054	0.0080
	118	85.0	0.259	0.493	0.199	1.192	0.262	0.0394	0.000064	0.0021	0.0178	0.0020	0.0071
	118	95.0	0.153	0.372	0.370	1.404	0.199	0.0394	0.000040	0.0018	0.0089	0.0124	0.0029
7	159	2.5	0.165	0.166	1.404	0.958	0.225	0.0012	0.00024	0.0032	0.1345	0.0491	0.0035
22/12/93	159	7.5	0.069	0.054	1.074	0.961	0.189	0.0073	0.00023	0.0023	0.2016	0.0550	0.0036
	159	15.0	0.063	0.046	0.808	0.884	0.137	0.0079	0.00012	0.0029	0.1612	0.0496	0.0193
	159	25.0	0.058	0.029	0.428	0.543	0.067	0.0029	0.000050	0.0018	0.1423	0.0475	0.0047
	159	35.0	0.056	0.034	0.446	0.447	0.038	0.0897	0.000034	0.0064	0.1349	0.0204	0.0033
	159	45.0	0.075	0.035	0.311	0.446	0.055	0.1296	0.000058	0.0049	0.1327	0.0141	0.0025
	159	55.0	0.066	0.040	0.250	0.383	0.054	0.0012	0.000051	0.0102	0.1056	0.0249	0.0042
	159	65.0	0.080	0.060	0.204	0.407	0.019	0.0016	0.000022	0.0092	0.0882	0.0093	0.0020
	159	75.0	0.139	0.136	0.171	1.011	0.060	0.0062	0.000032	0.0121	0.1457	0.0174	0.0042
	159	85.0	0.190	0.263	0.077	1.337	0.064	0.3109	0.000039	0.0080	0.0864	0.0056	0.0051
	159	95.0	0.177	0.302	0.081	1.559	0.054	0.2714	0.000031	0.0073	0.0552	0.0032	0.0044
8	221	2.5	0.061	0.031	0.713	0.386	0.096	0.0022	0.00036	0.0028	0.1646	0.0444	0.0173
18/2/94	221	7.5	0.077	0.042	0.729	0.399	0.122	0.0004	0.00024	0.0018	0.2661	0.0405	0.0151
	221	15.0	0.036	0.013	0.559	0.402	0.087	0.0059	0.00021	0.0020	0.3176	0.0639	0.0107
	221	25.0	0.036	0.012	0.534	0.432	0.043	0.0050	0.000100	0.0031	0.2906	0.0757	0.0195
	221	35.0	0.018	0.016	0.218	0.192	0.025	0.0018	0.000085	0.0024	0.2268	0.0412	0.0015
	221	45.0	0.016	0.014	0.207	0.158	0.051	0.0032	0.000039	0.0017	0.2628	0.0466	0.0035
	221	55.0	0.032	0.021	0.300	0.433	0.051	0.0006	0.000038	0.0063	0.0760	0.0149	0.0031
	221	65.0	0.038	0.026	0.208	0.341	0.040	0.0027	0.000020	0.0028	0.1167	0.0152	0.0029
	221	75.0	0.155	0.159	0.314	0.986	0.050	0.0136	0.000013	0.0020	0.0115	0.0113	0.0038
	221	85.0	0.156	0.175	0.095	0.994	0.053	0.0651	0.000020	0.0017	0.1616	0.0075	0.0069
	221	95.0	0.125	0.414	0.081	1.225	0.080	1.0036	0.000023	0.0011	0.0285	0.0011	0.0033

ANEXO A11.3 - Monitorização dos Talhões Experimentais. Talhão III

			40.08	24.312	39.102	22.9898	18.039	1	63.54	65.37	26.9815	55.847	54.9381
Amostr.	Tempo	Prof.	Ca2+	Mg2+	K+	Na+	NH4+	H+	Cu2+	Zn2+	Al3+	Fe 2+	Mn 2+
Nº	(Dias)	(cm)	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3
9	284	2.5	0.121	0.096	0.765	0.545	0.183	0.0007	0.00028	0.0012	0.1653	0.0541	0.0102
22/4/94	284	7.5	0.053	0.026	0.559	0.347	0.087	0.0038	0.00019	0.0011	0.3028	0.0756	0.0164
	284	15.0	0.033	0.012	0.418	0.301	0.047	0.0027	0.00024	0.0029	0.3201	0.1046	0.0166
	284	25.0	0.025	0.010	0.604	0.439	0.013	0.0008	0.000080	0.0029	0.2447	0.0797	0.0044
	284	35.0	0.024	0.008	0.332	0.219	0.038	0.0011	0.000077	0.0014	0.3041	0.0915	0.0038
	284	45.0	0.029	0.008	0.273	0.202	0.022	0.0011	0.000081	0.0011	0.3150	0.0992	0.0060
10	292	2.5	0.733	0.502	10.978	4.625	10.832	0.00004	0.00275	0.0026	0.0415	0.0238	0.0082
30/4/94	292	7.5	0.151	0.123	2.611	1.241	1.051	0.0008	0.00055	0.0008	0.1508	0.0363	0.0098
	292	15.0	0.075	0.056	1.808	0.965	0.758	0.0015	0.00035	0.0017	0.2198	0.0469	0.0076
	292	25.0	0.054	0.039	1.367	0.823	0.515	0.0008	0.00022	0.0011	0.2140	0.0754	0.0046
	292	35.0	0.046	0.026	1.070	0.540	0.338	0.0010	0.000059	0.0002	0.1153	0.0387	0.0022
	292	45.0	0.047	0.035	1.018	0.515	0.311	0.0010	0.000046	0.0011	0.1197	0.0193	0.0016
11	302	2.5	0.997	1.053	5.999	1.499	3.329	0.0001	0.00204	0.0005	0.0356	0.0150	0.0149
10/5/94	302	7.5	0.270	0.235	1.983	1.137	0.899	0.0090	0.00031	0.0005	0.0697	0.0147	0.0218
	302	15.0	0.180	0.151	1.733	1.020	0.629	0.0073	0.00015	0.0003	0.0663	0.0177	0.0075
	302	25.0	0.202	0.193	1.648	1.003	0.347	0.0044	0.00010	0.0017	0.0156	0.0315	0.0066
	302	35.0	0.165	0.097	1.056	0.249	0.259	0.0024	0.000038	0.0017	0.0241	0.0047	0.0029
	302	45.0	0.142	0.086	0.814	0.542	0.187	0.0017	0.000037	0.0023	0.0549	0.0097	0.0022
	302	55.0	0.154	0.110	1.098	0.733	0.424	0.0010	0.000119	0.0005	0.0482	0.0097	0.0049
	302	65.0	0.193	0.200	0.917	0.808	0.458	0.0008	0.000085	0.0014	0.0404	0.0321	0.0046
	302	75.0	0.147	0.191	0.149	0.660	0.050	0.0153	0.000026	0.0003	0.0037	0.0006	0.0024
	302	85.0	0.140	0.136	0.274	0.679	0.044	0.0121	0.000012	0.0011	0.0026	0.0008	0.0038
	302	95.0	0.152	0.191	0.196	0.859	0.060	0.0174	0.000049	0.0018	0.0119	0.0018	0.0040
12	309	2.5	0.665	2.370	4.525	1.550	4.469	0.0001	0.00574	0.0011	0.0145	0.0072	0.0116
17/5/94	309	7.5	0.492	0.493	2.894	1.190	0.576	0.0062	0.00038	0.0011	0.0263	0.0052	0.0329
	309	15.0	0.313	0.241	2.344	1.197	0.395	0.0199	0.00012	0.0007	0.0334	0.0086	0.0382
	309	25.0	0.258	0.164	2.089	1.128	0.375	0.0050	0.000047	0.0006	0.0189	0.0285	0.0126
	309	35.0	0.252	0.151	1.531	0.846	0.340	0.0039	0.000049	0.0004	0.0274	0.0050	0.0087
	309	45.0	0.250	0.124	0.980	0.788	0.173	0.0003	0.000054	0.0006	0.0219	0.0039	0.0076
	309	55.0	0.362	0.387	1.664	0.957	0.599	0.0006	0.000251	0.0006	0.0193	0.0081	0.0098
	309	65.0	0.418	0.413	1.641	1.025	0.566	0.0005	0.000192	0.0005	0.0367	0.0138	0.0122
	309	75.0	0.188	0.128	0.848	0.743	0.115	0.0045	0.000035	0.0004	0.0404	0.0242	0.0066
	309	85.0	0.146	0.158	0.551	0.855	0.066	0.0150	0.000024	0.0004	0.0048	0.0106	0.0051
	309	95.0	0.147	0.194	0.368	1.105	0.027	0.0214	0.000024	0.0006	0.0052	0.0018	0.0038
13	330	2.5	1.036	1.849	2.267	0.936	1.802	0.0004	0.00450	0.0010	0.0263	0.0181	0.0197
7/6/94	330	7.5	0.294	0.299	1.937	0.985	0.378	0.0202	0.00036	0.0007	0.0641	0.0163	0.0400
	330	15.0	0.256	0.249	2.503	0.644	0.163	0.0152	0.00011	0.0007	0.0345	0.0056	0.0246
	330	25.0	0.351	0.219	2.082	0.751	0.226	0.0080	0.000040	0.0006	0.0196	0.0331	0.0187
	330	35.0	0.414	0.221	1.312	0.813	0.251	0.0073	0.000032	0.0009	0.0133	0.0032	0.0213
	330	45.0	0.435	0.236	0.971	0.844	0.218	0.0077	0.000031	0.0006	0.0141	0.0088	0.0138
	330	55.0	0.330	0.243	1.071	0.745	0.251	0.0046	0.000054	0.0004	0.0156	0.0451	0.0200
	330	65.0	0.318	0.302	0.614	1.059	0.140	0.0236	0.000026	0.0005	0.0104	0.0129	0.0104
	330	75.0	0.309	0.330	0.300	1.044	0.147	0.0300	0.000052	0.0003	0.0044	0.0020	0.0073
	330	85.0	0.131	0.232	0.313	1.039	0.053	0.0285	0.000034	0.0013	0.0052	0.0079	0.0027
	330	95.0	0.173	0.257	1.387	1.017	0.090	0.0202	0.000039	0.0023	0.0054	0.0020	0.0051
14	378	2.5	0.887	1.246	1.742	0.969	0.630	0.0009	0.00114	0.0009	0.0697	0.0118	0.0324
25/7/94	378	7.5	0.692	0.928	1.674	0.859	0.441	0.0008	0.00100	0.0008	0.0600	0.0088	0.0255
	378	15.0	0.195	0.216	1.469	0.589	0.219	0.0075	0.000086	0.0002	0.0708	0.0057	0.0153
	378	25.0	0.275	0.236	1.089	0.672	0.141	0.0069	0.000044	0.0003	0.0311	0.0021	0.0113
	378	35.0	0.281	0.272	1.033	1.347	0.117	0.0021	0.000036	0.0002	0.0397	0.0039	0.0046
	378	45.0	0.150	0.143	0.744	0.589	0.143	0.0030	0.000053	0.0002	0.0712	0.0052	0.0053
15	452	2.5	1.496	3.748	1.721	0.626	0.427	0.0003	0.00305	0.0008	0.0486	0.0047	0.0115
7/10/94	452	7.5	0.468	0.781	1.731	0.930	0.440	0.0070	0.00064	0.0006	0.0549	0.0070	0.0282
	452	15.0	0.253	0.364	1.312	1.022	0.353	0.0117	0.00021	0.0003	0.0552	0.0095	0.0268
	452	25.0	0.255	0.309	1.780	1.083	0.337	0.0100	0.000082	0.0003	0.0348	0.0020	0.0184
	452	35.0	0.265	0.233	1.752	1.002	0.333	0.0054	0.000272	0.0002	0.0419	0.0043	0.0107
	452	45.0	0.279	0.238	1.308	0.967	0.452	0.0042	0.000092	0.0003	0.0337	0.0023	0.0060
16	511	2.5	0.714	1.205	1.475	0.487	0.358	0.0004	0.00102	0.0007	0.0467	0.0093	0.0064
5/12/94	511	7.5	0.172	0.246	0.827	0.448	0.245	0.0051	0.00040	0.0007	0.0997	0.0276	0.0096
	511	15.0	0.118	0.136	0.937	0.608	0.165	0.0080	0.00018	0.0007	0.1190	0.0322	0.0096
	511	25.0	0.101	0.093	1.268	0.721	0.154	0.0044	0.000071	0.0003	0.1001	0.0254	0.0046
	511	35.0	0.149	0.119	1.781	0.802	0.245	0.0041	0.000028	0.0004	0.0285	0.0054	0.0042
	511	45.0	0.301	0.209	1.262	1.079	0.257	0.0034	0.000023	0.0004	0.0163	0.0034	0.0038
	511	55.0	0.294	0.224	1.418	1.186	0.256	0.0198	0.000019	0.0005	0.0093	0.0008	0.0122
	511	65.0	0.422	0.434	1.092	1.702	0.222	0.0413	0.000003	0.0008	0.0033	0.0002	0.0180
	511	75.0	0.431	0.504	1.477	1.698	0.271	0.0445	0.000008	0.0007	0.0056	0.0004	0.0182
	511	85.0	0.296	0.504	0.630	2.266	0.284	0.0425	0.000008	0.0003	0.0022	0.0002	0.0104
	511	95.0	0.272	0.460	1.431	2.204	0.301	0.0312	0.000048	0.0009	0.0019	0.0004	0.0058

ANEXO A11.3 (Continuação)

Monitorização dos Talhões Experimentais - TALHÃO III

TALHÃO III - 4 m3 de efluente de porco/Talhão (26L/m2)

			35.453	96.062	62.005	46.006	18.9984	79.904	95.9794			
Amostr.	Tempo	Prof.	CL-	SO42-	NO3-	NO2-	F-	Br-	PO43-	HCO3-	Prof.	Tempo
Nº	(Dias)	(cm)	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	(cm)	(Dias)
1	0	2.5	1.142	0.277	3.487	0.000	0.053		0.000	0.000	2.5	0
17/7/93	0	7.5	0.847	0.182	2.394	0.200			0.000	0.000	7.5	0
	0	15.0	0.702	0.094	2.281	0.000			0.000	0.000	15.0	0
	0	25.0	0.437	0.064	1.240	0.000			0.000	0.000	25.0	0
	0	35.0	0.301	0.063	0.289	0.000			0.000	0.320	35.0	0
	0	45.0	0.425	0.055	0.563	0.000			0.000	0.140	45.0	0
2	4	2.5	7.545	0.657	8.581	0.000			0.000	6.640	2.5	4
20/7/93	4	7.5	5.380	0.382	3.128	0.000			0.000	1.960	7.5	4
	4	15.0	3.797	0.320	2.784	0.000			0.000	0.520	15.0	4
3	11	2.5	13.337	1.075	7.822	0.000			0.000	4.000	2.5	11
27/7/93	11	7.5	5.788	0.590	2.811	0.000			0.000	0.660	7.5	11
	11	15.0	3.521	0.386	2.719	0.000			0.000	0.000	15.0	11
4	18	2.5	14.412	1.451	6.437	0.000			0.000	1.600	2.5	18
3/8/93	18	7.5	4.019	0.503	4.256	0.000			0.000	0.200	7.5	18
	18	15.0	3.093	0.306	2.858	0.000			0.000	0.000	15.0	18
5	74	2.5	11.509	1.192	11.419	0.000			0.000	0.340	2.5	74
28/9/93	74	7.5	5.009	0.318	4.802	0.000			0.000	0.000	7.5	74
	74	15.0	3.521	0.124	2.790	0.000			0.000	0.000	15.0	74
	74	25.0	2.992	0.086	2.650	0.000			0.000	0.420	25.0	74
	74	35.0	2.149	0.050	2.800	0.000			0.000	0.000	35.0	74
	74	45.0	1.803	0.051	1.906	0.000			0.000	0.060	45.0	74
	74	55.0	2.958	0.093	3.310	0.000			0.000	0.000	55.0	74
	74	65.0	2.066	0.078	1.299	0.000			0.000	0.040	65.0	74
	74	75.0	0.840	0.045	2.153	0.000			0.000	0.000	75.0	74
	74	85.0	0.800	0.062	0.591	0.000			0.000	0.040	85.0	74
	74	95.0	0.782	0.072	0.212	0.000			0.000	0.040	95.0	74
6	118	2.5	1.828	0.118	2.281	0.000			0.021	0.520	2.5	118
11/11/93	118	7.5	1.776	0.119	2.124	0.000			0.029	0.280	7.5	118
	118	15.0	1.295	0.139	1.174	0.000			0.000	0.140	15.0	118
	118	25.0	0.689	0.132	0.753	0.000			0.000	0.140	25.0	118
	118	35.0	0.637	0.130	0.781	0.000			0.000	0.100	35.0	118
	118	45.0	0.513	0.145	0.949	0.000			0.000	0.000	45.0	118
	118	55.0	0.461	0.138	0.571	0.000			0.000	0.060	55.0	118
	118	65.0	0.689	0.132	0.489	0.000			0.000	0.060	65.0	118
	118	75.0	1.472	0.074	0.609	0.000			0.000	0.080	75.0	118
	118	85.0	2.317	0.065	0.847	0.000			0.000	0.080	85.0	118
	118	95.0	2.100	0.064	0.774	0.000			0.000	0.080	95.0	118
7	159	2.5	1.558	0.111	1.506	0.000	0.018	0.000	0.011	0.380	2.5	159
22/12/93	159	7.5	1.414	0.133	1.288	0.000	0.020	0.001	0.006	0.120	7.5	159
	159	15.0	1.201	0.104	0.985	0.000	0.024	0.001	0.000	0.120	15.0	159
	159	25.0	0.878	0.080	0.457	0.000	0.015	0.001	0.000	0.120	25.0	159
	159	35.0	0.714	0.067	0.776	0.000	0.027	0.001	0.000	0.000	35.0	159
	159	45.0	0.690	0.098	0.685	0.000	0.019	0.002	0.000	0.000	45.0	159
	159	55.0	0.573	0.085	0.346	0.024	0.019	0.001	0.000	0.120	55.0	159
	159	65.0	0.486	0.104	0.309	0.000	0.010	0.001	0.003	0.080	65.0	159
	159	75.0	1.236	0.121	0.786	0.000	0.021	0.002	0.000	0.000	75.0	159
	159	85.0	1.775	0.072	1.034	0.000	0.012	0.003	0.000	0.000	85.0	159
	159	95.0	1.860	0.101	1.007	0.000	0.023	0.004	0.000	0.000	95.0	159
8	221	2.5	0.750	0.061	0.597	0.000	0.037	0.000	0.015	0.448	2.5	221
18/2/94	221	7.5	0.571	0.227	0.310	0.004	0.095	0.000	0.001	0.832	7.5	221
	221	15.0	0.816	0.235	0.544	0.003	0.028	0.001	0.002	0.292	15.0	221
	221	25.0	0.793	0.248	0.500	0.000	0.015	0.002	0.000	0.220	25.0	221
	221	35.0	0.307	0.167	0.251	0.004	0.009	0.001	0.002	0.360	35.0	221
	221	45.0	0.376	0.166	0.389	0.000	0.010	0.001	0.000	0.220	45.0	221
	221	55.0	0.297	0.148	0.296	0.001	0.013	0.002	0.000	0.224	55.0	221
	221	65.0	0.420	0.123	0.213	0.000	0.013	0.002	0.002	0.164	65.0	221
	221	75.0	1.302	0.132	0.395	0.000	0.029	0.002	0.000	0.000	75.0	221
	221	85.0	1.633	0.067	0.485	0.000	0.021	0.002	0.000	0.000	85.0	221
	221	95.0	2.163	0.098	1.235	0.000	0.009	0.002	0.000	0.000	95.0	221

ANEXO A11.3 - Monitorização dos Talhões Experimentais. Talhão III

		35.453 96.062 62.005 46.006 18.9984 79.904 95.9794											
Amostr.	Tempo	Prof.	CL-	SO42-	NO3-	NO2-	F-	Br-	PO43-	HCO3-	Prof.	Tempo	
Nº	(Dias)	(cm)	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	mol./m3	(cm)	(Dias)	
9	284	2.5	0.879	0.133	0.847	0.034	0.022	0.001	0.023	0.420	2.5	284	
	284	7.5	0.597	0.156	0.999	0.000	0.028	0.000	0.012	0.230	7.5	284	
	284	15.0	0.484	0.086	1.168	0.000	0.025	0.001	0.002	0.200	15.0	284	
	284	25.0	0.820	0.130	0.773	0.000	0.020	0.002	0.000	0.150	25.0	284	
	284	35.0	0.656	0.128	0.656	0.000	0.014	0.002	0.000	0.150	35.0	284	
10	284	45.0	0.650	0.137	0.619	0.000	0.018	0.002	0.001	0.160	45.0	284	
	292	2.5	5.316	3.579	1.087	0.000	0.125	0.009	1.101	11.830	2.5	292	
	292	7.5	3.251	0.460	0.940	0.081	0.028	0.003	0.031	0.620	7.5	292	
	292	15.0	2.688	0.371	0.653	0.000	0.028	0.006	0.010	0.380	15.0	292	
	292	25.0	2.236	0.206	0.575	0.000	0.023	0.006	0.007	0.410	25.0	292	
30/4/94	292	35.0	1.633	0.135	0.389	0.000	0.000	0.004	0.007	0.200	35.0	292	
	292	45.0	0.949	0.170	0.942	0.000	0.000	0.000	0.007	0.150	45.0	292	
	302	2.5	3.547	1.259	1.351	0.000	0.173	0.007	0.869	4.700	2.5	302	
	302	7.5	2.699	0.431	1.387	0.000	0.047	0.000	0.026	0.230	7.5	302	
	302	15.0	2.226	0.310	1.237	0.000	0.021	0.000	0.007	0.160	15.0	302	
10/5/94	302	25.0	1.816	0.257	1.444	0.000	0.000	0.000	0.000	0.140	25.0	302	
	302	35.0	0.769	0.162	0.657	0.298	0.000	0.005	0.000	0.140	35.0	302	
	302	45.0	0.824	0.156	0.636	0.127	0.000	0.005	0.000	0.140	45.0	302	
	302	55.0	1.099	0.377	0.757	0.000	0.000	0.007	0.000	0.310	55.0	302	
	302	65.0	1.032	0.427	0.737	0.000	0.000	0.007	0.000	0.280	65.0	302	
11	302	75.0	0.943	0.110	0.339	0.000	0.000	0.004	0.000	0.060	75.0	302	
	302	85.0	0.881	0.127	0.319	0.000	0.000	0.005	0.000	0.040	85.0	302	
	302	95.0	1.198	0.125	0.335	0.000	0.000	0.009	0.000	0.060	95.0	302	
	309	2.5	1.272	1.069	3.383	0.000	0.089	0.000	0.683	7.840	2.5	309	
	309	7.5	1.377	0.400	4.181	0.000	0.000	0.000	0.045	0.260	7.5	309	
12	309	15.0	1.424	0.283	3.046	0.000	0.000	0.000	0.008	0.140	15.0	309	
	309	25.0	1.302	0.162	2.716	0.000	0.000	0.004	0.007	0.180	25.0	309	
	309	35.0	1.303	0.117	1.931	0.000	0.000	0.004	0.000	0.150	35.0	309	
	309	45.0	1.045	0.112	1.323	0.000	0.000	0.004	0.000	0.170	45.0	309	
	309	55.0	1.262	0.454	1.960	0.241	0.000	0.004	0.011	0.400	55.0	309	
17/5/94	309	65.0	1.265	0.670	1.784	0.209	0.000	0.004	0.010	0.420	65.0	309	
	309	75.0	0.875	0.106	1.020	0.000	0.000	0.005	0.000	0.410	75.0	309	
	309	85.0	1.183	0.078	0.567	0.000	0.000	0.004	0.000	0.380	85.0	309	
	309	95.0	1.410	0.055	0.324	0.000	0.000	0.005	0.000	0.380	95.0	309	
	330	2.5	1.676	0.609	3.366	0.000	0.077	0.000	0.706	2.440	2.5	330	
13	330	7.5	1.335	0.289	2.647	0.000	0.000	0.003	0.020	0.185	7.5	330	
	330	15.0	1.200	0.305	2.510	0.000	0.000	0.004	0.008	0.150	15.0	330	
	330	25.0	1.086	0.193	2.680	0.000	0.000	0.006	0.008	0.180	25.0	330	
	330	35.0	0.967	0.111	2.347	0.000	0.000	0.006	0.000	0.185	35.0	330	
	330	45.0	1.270	0.058	1.774	0.000	0.052	0.007	0.000	0.195	45.0	330	
25/7/94	330	55.0	1.020	0.191	1.819	0.000	0.000	0.006	0.000	0.160	55.0	330	
	330	65.0	1.305	0.074	1.499	0.000	0.047	0.009	0.000	0.140	65.0	330	
	330	75.0	1.309	0.049	1.228	0.000	0.047	0.009	0.000	0.130	75.0	330	
	330	85.0	1.247	0.074	0.618	0.000	0.045	0.010	0.000	0.120	85.0	330	
	330	95.0	1.822	0.059	1.257	0.000	0.065	0.014	0.000	0.120	95.0	330	
14	378	2.5	1.286	0.440	2.397	0.000	0.000	0.004	0.822	0.860	2.5	378	
	378	7.5	0.891	0.415	1.994	0.000	0.000	0.004	0.612	0.890	7.5	378	
	378	15.0	1.035	0.317	1.467	0.000	0.000	0.003	0.013	0.170	15.0	378	
	378	25.0	1.029	0.144	1.541	0.000	0.000	0.005	0.000	0.185	25.0	378	
	378	35.0	1.871	0.184	1.233	0.000	0.000	0.009	0.000	0.225	35.0	378	
15	378	45.0	0.918	0.086	0.985	0.000	0.000	0.006	0.000	0.210	45.0	378	
	452	2.5	1.689	0.514	4.064	0.076	0.023	0.002	1.257	2.750	2.5	452	
	452	7.5	1.292	0.327	2.696	0.000	0.015	0.001	0.273	0.340	7.5	452	
	452	15.0	1.224	0.374	1.891	0.000	0.015	0.001	0.017	0.210	15.0	452	
	452	25.0	1.342	0.303	2.280	0.000	0.016	0.002	0.000	0.170	25.0	452	
7/10/94	452	35.0	1.273	0.265	2.208	0.000	0.017	0.002	0.000	0.175	35.0	452	
	452	45.0	1.087	0.193	2.195	0.000	0.015	0.002	0.000	0.200	45.0	452	
	511	2.5	0.690	0.234	0.719	0.015	0.008	0.001	0.791	2.070	2.5	511	
	511	7.5	0.588	0.221	0.544	0.022	0.000	0.001	0.237	0.420	7.5	511	
	511	15.0	0.844	0.280	0.866	0.021	0.000	0.001	0.015	0.325	15.0	511	
5/12/94	511	25.0	0.848	0.398	0.961	0.020	0.000	0.001	0.000	0.260	25.0	511	
	511	35.0	1.294	0.287	1.297	0.023	0.000	0.002	0.000	0.280	35.0	511	
	511	45.0	1.856	0.162	1.235	0.018	0.000	0.002	0.000	0.225	45.0	511	
	511	55.0	1.791	0.131	1.685	0.020	0.000	0.001	0.000	0.190	55.0	511	
	511	65.0	2.227	0.122	2.144	0.016	0.000	0.002	0.000	0.170	65.0	511	
	511	75.0	2.451	0.147	2.442	0.016	0.000	0.003	0.000	0.210	75.0	511	
	511	85.0	2.235	0.335	1.705	0.017	0.000	0.006	0.000	0.215	85.0	511	
	511	95.0	1.790	1.032	1.567	0.017	0.000	0.008	0.000	0.000	95.0	511	

ANEXO A11.3 (Continuação)

Monitorização dos Talhões Experimentais - TALHÃO III

TALHÃO III - 4 m3 de efluente de porco/Talhão (26L/m2)

													*1	*1	12.01115	31.9994
Amostr.	Tempo	Prof.	pH	EC	EH	Acidez	Alcalin.	DOC	CQO	Prof.	Tempo	Amostr.				
Nº	(Dias)	(cm)		(µS/cm)	mV	(meg/L)	(meg/L)	mol/m3	mol/m3	(cm)	(Dias)	Nº				
1	0	2.5	3.103	875.0	320.8	3.06	0.00	5.007	9.989	2.5	0	1				
17/7/93	0	7.5	3.434	550.0	362.2	2.30	0.00	3.398	3.927	7.5	0	17/7/93				
	0	15.0	2.968	850.0	304.2	3.82	0.00	1.880	1.944	15.0	0					
	0	25.0	3.602	340.0	269.2	1.04	0.00	0.689	1.601	25.0	0					
	0	35.0	6.185	105.0	238.7	0.29	0.32	0.672	1.525	35.0	0					
	0	45.0	5.959	130.0	192.8	0.30	0.14	0.535	2.745	45.0	0					
2	4	2.5	7.198	3100.0	119.9	3.16	6.64	48.493	66.771	2.5	4	2				
20/7/93	4	7.5	6.670	1440.0	167.0	3.60	1.96	24.847	32.804	7.5	4	20/7/93				
	4	15.0	5.990	850.0	190.9	2.84	0.52	6.899	9.002	15.0	4					
3	11	2.5	7.025	3250.0	148.6	3.92	4.00	34.630	47.517	2.5	11	3				
27/7/93	11	7.5	5.595	1540.0	183.9	5.32	0.66	17.022	23.061	7.5	11	27/7/93				
	11	15.0	3.304	1225.0	429.0	4.52	0.00	8.158	9.160	15.0	11					
4	18	2.5	6.322	4000.0	148.4	5.08	1.60	33.784	46.342	2.5	18	4				
3/8/93	18	7.5	4.967	1400.0	280.1	4.16	0.20	10.468	14.482	7.5	18	3/8/93				
	18	15.0	3.993	1010.0	283.6	3.64	0.00	5.461	6.501	15.0	18					
5	74	2.5	5.121	3950.0	297.9	1.14	0.34	17.219	10.829	2.5	74	5				
28/9/93	74	7.5	3.590	1285.0	380.3	2.02	0.00	6.295	8.237	7.5	74	28/9/93				
	74	15.0	4.407	885.0	330.9	0.52	0.00	1.820	3.326	15.0	74					
	74	25.0	4.917	800.0	362.0	0.54	0.42	1.129	2.320	25.0	74					
	74	35.0	3.822	560.0	378.3	0.40	0.00	1.204	1.586	35.0	74					
	74	45.0	5.051	495.0	369.8	0.16	0.06	1.039	1.779	45.0	74					
	74	55.0	3.528	1000.0	402.6	0.94	0.00	1.443	2.089	55.0	74					
	74	65.0	5.194	455.0	353.8	0.22	0.04	0.909	1.873	65.0	74					
	74	75.0	2.995	535.0	439.9	1.32	0.00	0.630	0.693	75.0	74					
	74	85.0	4.844	126.0	382.3	0.18	0.04	0.678	1.557	85.0	74					
	74	95.0	4.861	138.0	361.2	0.18	0.04	1.333	1.518	95.0	74					
6	118	2.5	6.394	290.0	296.5	0.66	0.52	5.480	2.364	2.5	118	6				
11/11/93	118	7.5	5.622	240.0	281.0	0.60	0.28	6.782	10.073	7.5	118	11/11/93				
	118	15.0	5.224	197.0	302.1	0.60	0.14	5.056	23.151	15.0	118					
	118	25.0	6.001	139.0	265.4	0.14	0.14	1.392	1.979	25.0	118					
	118	35.0	5.587	134.0	262.8	0.22	0.10	3.395	6.797	35.0	118					
	118	45.0	5.661	154.0	216.8	0.20	0.00	2.426	2.184	45.0	118					
	118	55.0	4.788	161.0	238.6	0.24	0.06	1.283	1.478	55.0	118					
	118	65.0	5.037	210.0	268.3	0.16	0.06	1.584	1.901	65.0	118					
	118	75.0	4.583	330.0	280.4	0.22	0.08	1.150	2.440	75.0	118					
	118	85.0	4.475	450.0	282.8	0.22	0.08	1.292	2.133	85.0	118					
	118	95.0	4.475	335.0	262.9	0.22	0.08	1.065	2.403	95.0	118					
7	159	2.5	5.974	350.0	327.4	0.56	0.38	5.219	8.841	2.5	159	7				
22/12/93	159	7.5	5.207	261.0	446.9	1.00	0.12	6.096	7.842	7.5	159	22/12/93				
	159	15.0	5.173	217.0	456.6	0.52	0.12	3.016	3.465	15.0	159					
	159	25.0	5.610	147.0	438.2	0.34	0.12	2.941	2.873	25.0	159					
	159	35.0	4.118	131.0	484.0	0.42	0.00	2.198	2.392	35.0	159					
	159	45.0	5.400	156.3	462.2	0.54	0.00	1.784	1.726	45.0	159					
	159	55.0	5.990	140.0	458.2	0.24	0.12	1.495	1.689	55.0	159					
	159	65.0	5.857	148.0	425.6	0.22	0.08	1.358	1.467	65.0	159					
	159	75.0	5.276	245.0	428.2	0.32		1.578	2.318	75.0	159					
	159	85.0	3.578	388.0	487.1	0.62	0.00	1.024	2.725	85.0	159					
	159	95.0	3.637	373.0	471.7	0.62	0.00	1.049	1.480	95.0	159					
8	221	2.5	5.732	146.0	271.8	0.82	0.45	6.541	8.505	2.5	221	8				
18/2/94	221	7.5	6.419	147.7	243.0	0.56	0.83	6.147	12.615	7.5	221	18/2/94				
	221	15.0	5.303	127.0	266.1	0.88	0.29	4.741	5.635	15.0	221					
	221	25.0	5.374	124.5	268.4	0.38	0.22	2.612	3.076	25.0	221					
	221	35.0	5.825	109.7	235.3	0.52	0.36	1.688	1.964	35.0	221					
	221	45.0	5.570	96.9	263.6	0.20	0.22	2.297	2.934	45.0	221					
	221	55.0	6.272	127.0	237.2	0.26	0.22	1.849	2.159	55.0	221					
	221	65.0	5.632	113.0	250.2	0.18	0.16	1.365	1.577	65.0	221					
	221	75.0	4.937	188.0	307.7	0.25		1.003	2.430	75.0	221					
	221	85.0	4.257	265.0	323.3	0.45		1.267	1.458	85.0	221					
	221	95.0	3.069	586.0	412.2	0.62		1.430	2.314	95.0	221					

ANEXO A11.3 - Monitorização dos Talhões Experimentais, Talhão III

													*1	*1	12.01115	31.9994
Amostr.	Tempo	Prof.	pH	EC	En	Acidez	Alcalin.	DOC	CQO	Prof.	Tempo	Amostr.				
Nº	(Dias)	(cm)		(µS/cm)	mV	(meq/L)	(meq/L)	mol./m3	mol./m3	(cm)	(Dias)	Nº				
22/4/94	284	2.5	6.203	189.8	300.5	0.20	0.42	7.371	8.797	2.5	284	22/4/94	9			
	284	7.5	5.493	115.3	313.2	0.57	0.23	7.430	8.869	7.5	284		9			
	284	15.0	5.644	102.7	316.8	0.31	0.20	4.151	7.414	15.0	284		9			
	284	25.0	6.164	101.5	298.4	0.22	0.15	2.220	2.604	25.0	284		9			
	284	35.0	6.027	83.5	306.1	0.16	0.15	1.319	2.526	35.0	284		9			
30/4/94	284	45.0	6.011	83.2	301.1	0.16	0.16	0.926	2.370	45.0	284	30/4/94	10			
	292	2.5	7.442	3120.0	193.5	1.13	11.83	29.788	44.129	2.5	292		10			
	292	7.5	6.166	611.0	235.0	0.55	0.62	9.333	12.305	7.5	292		10			
	292	15.0	5.899	422.0	243.3	0.46	0.38	8.162	12.305	15.0	292		10			
	292	25.0	6.190	365.0	240.8	0.44	0.41	7.645	10.425	25.0	292		10			
10/5/94	292	35.0	6.079	233.0	257.7	0.21	0.20	3.882	4.472	35.0	292	10/5/94	11			
	292	45.0	6.070	208.0	259.4	0.29	0.15	1.916	2.806	45.0	292		11			
	302	2.5	6.923	1634.0	214.1	0.74	4.70	19.364	22.643	2.5	302		11			
	302	7.5	5.116	510.0	269.8	0.65	0.23	6.641	7.170	7.5	302		11			
	302	15.0	5.206	464.0	264.1	0.40	0.16	4.446	3.623	15.0	302		11			
17/5/94	302	25.0	5.426	441.0	271.2	0.38	0.14	1.993	1.710	25.0	302	17/5/94	12			
	302	35.0	5.682	286.0	265.2	0.21	0.14	1.627	1.890	35.0	302		12			
	302	45.0	5.829	231.0	261.7	0.33	0.14	1.574	1.140	45.0	302		12			
	302	55.0	6.072	404.0	263.6	0.31	0.31	2.651	1.778	55.0	302		12			
	302	65.0	6.185	354.0	260.4	0.34	0.28	2.007	2.220	65.0	302		12			
17/5/94	302	75.0	4.885	167.0	271.6	0.16	0.06	1.037	1.468	75.0	302	17/5/94	12			
	302	85.0	4.988	174.0	206.0	0.16	0.04	1.262	1.763	85.0	302		12			
	302	95.0	4.829	214.0	225.8	0.16	0.06	1.763	2.708	95.0	302		12			
	309	2.5	7.047	1928.0	252.6	1.60	7.84	17.450	17.663	2.5	309		12			
	309	7.5	5.275	653.0	243.4	0.25	0.26	4.253	5.987	7.5	309		12			
7/6/94	309	15.0	4.772	542.0	283.5	0.20	0.14	2.100	2.077	15.0	309	7/6/94	13			
	309	25.0	5.370	492.0	275.9	0.13	0.18	2.004	1.862	25.0	309		13			
	309	35.0	5.475	352.0	266.2	0.10	0.15	1.637	1.905	35.0	309		13			
	309	45.0	6.072	288.0	269.0	0.05	0.17	1.348	0.409	45.0	309		13			
	309	55.0	6.292	538.0	286.2	0.13	0.40	3.338	3.393	55.0	309		13			
25/7/94	309	65.0	6.395	540.0	290.8	0.10	0.42	3.053	2.889	65.0	309	25/7/94	14			
	309	75.0	5.421	232.0	267.8	0.03	0.41	1.602	1.862	75.0	309		14			
	309	85.0	4.894	197.0	290.5	0.05	0.38	1.316	3.680	85.0	309		14			
	309	95.0	4.740	214.0	287.1	0.05	0.38	1.813	2.789	95.0	309		14			
	330	2.5	6.517	1004.0	275.5	1.40	2.44	14.139	11.647	2.5	330		14			
7/10/94	330	7.5	4.766	470.0	265.8	0.40	0.19	7.836	8.055	7.5	330	7/10/94	15			
	330	15.0	4.890	383.0	278.1	0.18	0.15	4.546	3.428	15.0	330		15			
	330	25.0	5.167	465.0	283.4	0.10	0.18	4.130	5.736	25.0	330		15			
	330	35.0	5.209	419.0	305.3	0.08	0.19	2.757	1.980	35.0	330		15			
	330	45.0	5.184	375.0	307.5	0.08	0.20	2.764	3.233	45.0	330		15			
25/7/94	330	55.0	5.410	357.0	289.7	0.10	0.16	1.984	1.284	55.0	330	25/7/94	16			
	330	65.0	4.697	324.0	302.9	0.13	0.14	3.203	2.246	65.0	330		16			
	330	75.0	4.593	293.0	305.4	0.13	0.13	2.599	2.817	75.0	330		16			
	330	85.0	4.615	210.0	302.1	0.13	0.12	1.360	1.570	85.0	330		16			
	330	95.0	4.766	238.0	306.4	0.10	0.12	1.102	1.261	95.0	330		16			
7/10/94	378	2.5	6.105	682.0	297.4	0.85	0.86	10.155	10.562	2.5	378	7/10/94	15			
	378	7.5	6.155	606.0	291.9	0.55	0.89	6.954	9.389	7.5	378		15			
	378	15.0	5.198	293.0	276.0	0.13	0.17	2.999	2.737	15.0	378		15			
	378	25.0	5.234	310.0	284.9	0.10	0.19	2.279	2.935	25.0	378		15			
	378	35.0	5.742	348.0	262.7	0.08	0.23	2.124	2.141	35.0	378		15			
5/12/94	378	45.0	5.594	179.5	258.3	0.01	0.21	1.834	3.500	45.0	378	5/12/94	16			
	452	2.5	6.561	997.0	269.2	1.20	2.75	8.131	10.844	2.5	452		16			
	452	7.5	5.223	552.0	275.4	0.43	0.34	4.944	6.347	7.5	452		16			
	452	15.0	5.003	421.0	275.5	0.23	0.21	2.854	3.528	15.0	452		16			
	452	25.0	5.071	445.0	285.5	0.15	0.17	2.147	2.517	25.0	452		16			
5/12/94	452	35.0	5.341	444.0	293.5	0.10	0.18	2.056	1.894	35.0	452	5/12/94	16			
	452	45.0	5.448	431.0	293.0	0.10	0.20	2.011	1.874	45.0	452		16			
	511	2.5	6.483	386.0	298.6	0.60	2.07	6.857	8.180	2.5	511		16			
	511	7.5	5.366	183.6	281.9	0.43	0.42	5.929	8.453	7.5	511		16			
	511	15.0	5.170	203.0	279.9	0.33	0.33	3.327	3.935	15.0	511		16			
5/12/94	511	25.0	5.423	217.0	295.2	0.18	0.26	2.683	2.018	25.0	511	5/12/94	16			
	511	35.0	5.461	263.0	284.7	0.10	0.28	2.330	3.397	35.0	511		16			
	511	45.0	5.534	338.0	292.3	0.08	0.23	2.438	3.977	45.0	511		16			
	511	55.0	4.774	350.0	322.3	0.10	0.19	2.417	5.257	55.0	511		16			
	511	65.0	4.455	454.0	330.6	0.08	0.17	2.369	2.235	65.0	511		16			
5/12/94	511	75.0	4.422	439.0	331.2	0.08	0.21	1.973	0.673	75.0	511	5/12/94	16			
	511	85.0	4.442	483.0	334.3	0.05	0.22	2.133	3.074	85.0	511		16			
	511	95.0	4.577	532.0	326.9	0.05		2.375	2.600	95.0	511		16			

ANEXO A12

Output do Modelo numa Simulação de 50 Anos

	m3/m2	m3/m2	mg/m2	mg/m2				ppm	ppm	ppm	ppb	ppb	ppb
Dias	Chuva	Fluxo Desc.	Cu Apl.	Cu Transp.	pH-10 cm	pH-50 cm	pH-100 cm	DOC-10 cm	DOC-50 cm	DOC-100 cm	Cu Sol.-0 cm	Cu Sol.-50 cm	Cu Sol.-100 cm
5	0.02	0.00105	0.06	0.00199	5.32	5.3	5.29	56.8	17.1	17.2	18.7	5.04	3.79
10	0.01	0.00719	0.03	0.0176	5.33	5.31	5.3	57.4	17.2	17.1	17.7	3.59	2.78
15	0.01	0.0112	0.03	0.0259	5.34	5.32	5.3	57.8	17.2	17.1	17.3	3.09	2.43
20	0.01	0.00919	0.03	0.0207	5.34	5.32	5.3	57.7	17.3	17.1	17.1	2.9	2.29
25	0.01	0.00939	0.03	0.0209	5.35	5.32	5.29	57.9	17.3	17.1	16.9	2.81	2.24
30	0.0272	0.0111	0.0816	0.0244	5.36	5.32	5.29	56.9	17.2	17	16.5	2.76	2.21
35	0	0.0132	0	0.0291	5.35	5.32	5.29	58	17.3	17	16.6	2.75	2.21
40	0.0212	0.0109	0.0636	0.024	5.36	5.33	5.29	57.6	17.2	17	16.4	2.73	2.2
45	0.0213	0.0183	0.0639	0.0402	5.37	5.33	5.28	57.9	17.2	16.9	16.3	2.72	2.2
50	0	0.0117	0	0.0257	5.37	5.33	5.28	58.3	17.4	17	16.4	2.72	2.2
55	0.03	0.0107	0.09	0.0236	5.37	5.34	5.28	57.4	17.2	16.9	16.1	2.7	2.2
60	0	0.0129	0	0.0284	5.37	5.34	5.28	58.2	17.3	16.9	16.2	2.7	2.21
65	0.0138	0.00847	0.0414	0.0187	5.38	5.34	5.28	57.8	17.3	16.9	16	2.7	2.21
70	0.0088	0.00741	0.0264	0.0164	5.38	5.34	5.27	57.6	17.3	16.9	15.9	2.7	2.22
75	0.0321	0.0165	0.0963	0.0363	5.39	5.34	5.27	57.8	17.2	16.8	15.8	2.67	2.21
80	0	0.0153	0	0.0338	5.39	5.34	5.27	58.5	17.4	16.8	15.8	2.67	2.21
85	0	0.00582	0	0.0129	5.39	5.34	5.27	58.8	17.4	16.9	15.9	2.68	2.22
90	0.01	0.002	0.03	0.00445	5.39	5.34	5.27	57.9	17.4	16.9	15.8	2.68	2.22
95	0.0203	0.0112	0.0609	0.0247	5.4	5.35	5.27	58.2	17.3	16.8	15.7	2.66	2.22
100	0.0009	0.00904	0.0027	0.02	5.4	5.35	5.27	58.4	17.4	16.8	15.7	2.67	2.22
105	0.0146	0.00616	0.0438	0.0137	5.4	5.35	5.27	57.9	17.3	16.8	15.5	2.66	2.22
110	0	0.00627	0	0.0139	5.4	5.35	5.27	58.6	17.4	16.9	15.6	2.66	2.22
115	0.0172	0.00429	0.0516	0.00954	5.41	5.35	5.26	57.4	17.3	16.8	15.4	2.65	2.22
120	0.0315	0.0131	0.0945	0.029	5.41	5.36	5.27	57.1	17.2	16.7	15.1	2.62	2.21
125	0.0084	0.018	0.0192	0.0398	5.42	5.36	5.27	58.1	17.3	16.7	15.1	2.62	2.21
130	0.0016	0.0113	0.0048	0.025	5.42	5.36	5.26	58.7	17.4	16.8	15.2	2.63	2.21
135	0.0181	0.00813	0.0543	0.018	5.42	5.36	5.26	58.2	17.3	16.8	15.1	2.62	2.21
140	0.0146	0.0114	0.0438	0.0251	5.43	5.36	5.26	58.3	17.3	16.7	15	2.61	2.21
145	0.0242	0.0111	0.0726	0.0245	5.43	5.37	5.26	57.1	17.3	16.7	14.7	2.59	2.21
150	0.0275	0.0236	0.0825	0.0517	5.44	5.37	5.27	58.3	17.2	16.6	14.6	2.57	2.19
155	0	0.0168	0	0.0368	5.44	5.37	5.27	58.9	17.4	16.7	14.7	2.57	2.19
160	0.0003	0.00586	0.0009	0.0129	5.43	5.37	5.27	59.1	17.5	16.8	14.8	2.58	2.2
165	0.0029	0.00196	0.0087	0.00437	5.43	5.37	5.26	59.1	17.5	16.8	14.9	2.58	2.21
170	0.02	0.00231	0.06	0.00511	5.44	5.37	5.26	57.7	17.4	16.8	14.6	2.57	2.21
175	0.0191	0.0138	0.0573	0.0304	5.44	5.38	5.27	58.5	17.3	16.7	14.6	2.55	2.2
180	0	0.0107	0	0.0236	5.44	5.38	5.27	59	17.5	16.7	14.7	2.56	2.2
185	0	0.00374	0	0.00823	5.44	5.38	5.26	59.4	17.5	16.8	14.8	2.56	2.2
190	0	0.000872	0	0.00182	5.44	5.38	5.26	59.7	17.5	16.8	14.9	2.56	2.21
195	0	0.000157	0	0.000347	5.43	5.38	5.26	60	17.5	16.8	15	2.57	2.21
200	0	0.0141	1.38	0.0317	5.4	5.39	5.27	66.1	19.2	17	18.5	2.93	2.24
205	0	0.0177	0	0.0403	5.47	5.43	5.28	69.6	19.9	17	19.9	3.08	2.27
210	0	0.0156	0.00708	0.0356	5.51	5.45	5.25	70.2	20	17	20	3.11	2.28
215	0	0.0139	0.00177	0.0318	5.52	5.46	5.25	70.6	20.1	17	20	3.1	2.29
220	0	0.00881	0	0.0203	5.52	5.46	5.25	71.2	20.3	17	20.2	3.11	2.3
225	0	0.00292	0	0.00676	5.51	5.46	5.25	71.6	20.3	17	20.4	3.11	2.31
230	0	0.000665	0	0.00154	5.51	5.46	5.24	71.9	20.4	17	20.6	3.1	2.32
235	0.0001	0.000117	0.0003	0.000273	5.51	5.47	5.24	72.1	20.4	17	20.8	3.1	2.32
240	0	0.0000168	0	0.0000397	5.5	5.47	5.24	72.3	20.4	17	20.9	3.1	2.32
245	0	1.98E-06	0	5.12E-06	5.5	5.47	5.23	72.5	20.4	17	21.1	3.1	2.33
250	0	1.81E-07	0	8.65E-07	5.5	5.47	5.23	72.6	20.4	17	21.2	3.1	2.33
255	0.005	0.000586	0.015	0.00137	5.51	5.47	5.23	72.1	20.4	16.9	21	3.1	2.33
260	0.0076	0.00134	0.0228	0.00313	5.52	5.47	5.23	71.4	20.3	16.9	20.6	3.1	2.33
265	0.0146	0.00659	0.0438	0.0153	5.53	5.47	5.22	71.4	20.3	16.8	20.2	3.09	2.33
270	0.0001	0.00417	0.0003	0.00973	5.53	5.47	5.22	71.8	20.4	16.9	20.2	3.09	2.33
275	0.0054	0.00204	0.0162	0.00477	5.54	5.47	5.22	71.5	20.3	16.9	20	3.09	2.34
280	0.013	0.00273	0.039	0.00639	5.55	5.47	5.22	71.2	20.3	16.8	19.6	3.09	2.34
285	0.0415	0.0158	0.125	0.0367	5.58	5.48	5.22	71.2	20.1	16.6	18.9	3.04	2.33
290	0.0628	0.0334	0.188	0.0768	5.61	5.49	5.22	71	19.9	16.4	17.9	2.96	2.31
295	0	0.0342	0	0.0788	5.61	5.49	5.21	73.8	20.3	16.5	18	2.96	2.31
300	0	0.015	0	0.0349	5.6	5.49	5.21	74.1	20.5	16.7	18.1	2.98	2.32
305	0.0764	0.0108	0.229	0.025	5.66	5.51	5.21	68.8	20	16.6	16.4	2.89	2.33
310	0.0438	0.0463	0.131	0.106	5.68	5.52	5.21	74.2	20.1	16.3	16.1	2.83	2.3
315	0.0188	0.0453	0.0564	0.104	5.7	5.53	5.21	76.1	20.5	16.4	15.9	2.81	2.29
320	0	0.0214	0	0.0495	5.69	5.53	5.21	76.6	20.8	16.6	16	2.83	2.31
325	0.0003	0.00638	0.0009	0.0149	5.69	5.53	5.21	76.8	20.8	16.8	16.1	2.84	2.33
330	0.0145	0.0058	0.0435	0.0136	5.7	5.54	5.21	76.5	20.8	16.7	15.9	2.83	2.34
335	0.0062	0.00521	0.0186	0.0122	5.71	5.54	5.21	76.4	20.8	16.8	15.6	2.82	2.34
340	0.0014	0.00388	0.0042	0.00912	5.71	5.54	5.2	76.8	20.8	16.8	15.6	2.82	2.35
345	0.0006	0.00198	0.0018	0.00465	5.7	5.54	5.2	77	20.9	16.8	15.7	2.83	2.35
350	0.0027	0.000934	0.0081	0.0022	5.71	5.54	5.2	76.9	20.9	16.8	15.6	2.83	2.35
355	0.0001	0.000528	0.0003	0.00124	5.7	5.54	5.2	77.1	20.9	16.8	15.7	2.83	2.35
360	0.0008	0.000228	0.0024	0.000538	5.7	5.54	5.2	77.2	20.9	16.8	15.8	2.83	2.36
365	0.0024	0.000213	0.0072	0.000503	5.7	5.54	5.2	77	20.9	16.8	15.8	2.83	2.36
370	0.0152	0.00227	0.0456	0.00534	5.72	5.54	5.2	76.4	20.8	16.7	15.4	2.81	2.35
375	0.0311	0.0175	0.0933	0.0409	5.74	5.55	5.2	77.1	20.7	16.6	15	2.77	2.34
380	0.0053	0.0159	0.0159	0.0372	5.74	5.55	5.2	77.8	20.9	16.8	14.9	2.76	2.33
385	0.0059	0.00903	0.0177	0.0211	5.75	5.56	5.2	77.9	21	16.7	14.7	2.75	2.34
390	0	0.00394	0	0.00924	5.74	5.56	5.2	78.1	21	16.7	14.8	2.75	2.34
395	0	0.00111	0	0.0026	5.74	5.56	5.2	78.4	21	16.8	14.8	2.75	2.35
400	0.0309	0.00237	0.0927	0.00555	5.76	5.56	5.2	75.6	20.8	16.7	14.2	2.72	2.35

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

405	0.0079	0.0156	0.0237	0.0364	5.77	5.57	5.2	78.2	20.9	16.6	14.1	2.69	2.33
410	0.0044	0.0111	0.0132	0.0258	5.77	5.57	5.2	78.2	21.1	16.7	14.1	2.69	2.34
415	0.0203	0.0112	0.0609	0.0261	5.78	5.58	5.2	78.3	21	16.6	13.8	2.66	2.33
420	0.0176	0.014	0.0528	0.0326	5.79	5.58	5.2	78.4	21.1	16.6	13.6	2.63	2.33
425	0.0304	0.0153	0.0912	0.0355	5.8	5.6	5.2	77.3	21	16.6	13.2	2.59	2.32
430	0.0082	0.018	0.0246	0.0417	5.8	5.6	5.21	78.5	21.2	16.6	13.1	2.57	2.32
435	0	0.0116	0	0.027	5.8	5.6	5.21	79.5	21.3	16.7	13.3	2.56	2.32
440	0	0.00434	0	0.0101	5.8	5.6	5.2	79.8	21.4	16.7	13.4	2.57	2.33
445	0	0.00108	0	0.00253	5.79	5.6	5.2	80.1	21.4	16.8	13.5	2.57	2.33
450	0	0.000207	0	0.000484	5.79	5.6	5.2	80.3	21.4	16.8	13.7	2.57	2.34
455	0.0063	0.000619	0.0189	0.00145	5.79	5.8	5.2	79.5	21.4	16.7	13.6	2.57	2.34
460	0.0004	0.000922	0.0012	0.00216	5.79	5.6	5.2	79.6	21.4	16.7	13.6	2.57	2.34
465	0	0.000321	0	0.000752	5.79	5.6	5.2	79.9	21.4	16.7	13.7	2.57	2.34
470	0	0.0000684	0	0.00016	5.78	5.6	5.2	80.1	21.4	16.7	13.8	2.57	2.34
475	0.001	0.000771	0.00477	0.0018	5.77	5.61	5.2	77.7	21.3	16.7	13.8	2.55	2.34
480	0.0204	0.0196	10.2	0.0471	5.81	5.67	5.24	77.6	22.2	17.1	20.7	3.17	2.39
485	0	0.0231	0.00177	0.0562	5.93	5.71	5.23	83.9	22.8	17	23.7	3.45	2.42
490	0	0.0134	0	0.0328	5.94	5.73	5.22	85	23.3	17.1	25.3	3.55	2.44
495	0	0.0119	0.0111	0.0292	5.99	5.75	5.22	86	23.2	17.1	25.1	3.53	2.45
500	0.0129	0.0164	0.0387	0.0402	6.03	5.76	5.21	88.2	23.3	17	24.6	3.53	2.46
505	0.0181	0.0168	0.0543	0.0412	6.08	5.76	5.2	90.7	23.4	17	23.9	3.51	2.46
510	0.0216	0.0163	0.0648	0.0401	6.12	5.77	5.2	93.3	23.5	16.9	22.9	3.48	2.46
515	0	0.0124	0	0.0306	6.11	5.77	5.19	93.8	23.7	17	22.9	3.48	2.47
520	0.0002	0.00462	0.0006	0.0115	6.1	5.78	5.19	93.8	23.8	17	23.1	3.48	2.48
525	0	0.0115	0.0111	0.0286	6.13	5.79	5.18	94.4	23.7	16.8	22.6	3.43	2.48
530	0	0.0114	0	0.0284	6.12	5.79	5.18	94.5	23.9	16.9	22.8	3.42	2.48
535	0	0.00419	0	0.0105	6.11	5.79	5.17	94.5	23.9	16.9	23.1	3.42	2.49
540	0	0.00101	0	0.00252	6.1	5.79	5.17	94.5	24	16.9	23.5	3.42	2.5
545	0.03	0.00843	0.09	0.021	6.15	5.81	5.16	95.3	23.9	16.8	22.6	3.37	2.49
550	0	0.00921	0	0.023	6.14	5.81	5.16	95.6	24.1	16.8	22.6	3.36	2.49
555	0	0.00349	0	0.00871	6.13	5.81	5.16	95.6	24.2	16.8	22.9	3.35	2.5
560	0	0.000845	0	0.00212	6.12	5.81	5.15	95.5	24.2	16.8	23.2	3.35	2.5
565	0.0058	0.00128	0.0174	0.00321	6.14	5.81	5.15	96	24.2	16.8	23	3.35	2.5
570	0	0.000591	0	0.00148	6.13	5.81	5.15	96	24.2	16.8	23.1	3.35	2.5
575	0	0.0208	0.0444	0.0515	6.16	5.83	5.15	95.1	23.9	16.5	22.2	3.24	2.48
580	0.0006	0.0236	0.0018	0.0582	6.15	5.84	5.15	96.3	24.4	16.5	22.2	3.22	2.47
585	0	0.00963	0	0.0239	6.14	5.84	5.14	96.3	24.5	16.6	22.5	3.22	2.48
590	0.0001	0.00251	0.0003	0.00627	6.13	5.84	5.14	96.3	24.5	16.7	22.9	3.22	2.49
595	0	0.000497	0	0.00124	6.13	5.84	5.14	96.2	24.5	16.7	23.2	3.22	2.5
600	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000201	6.12	5.84	5.14	96.1	24.6	16.7	23.5	3.22	2.5
605	0	0.0000108	0	0.0000271	6.11	5.84	5.14	96.1	24.6	16.7	23.8	3.22	2.5
610	0	0.0000012	0	3.05E-06	6.11	5.84	5.13	96	24.6	16.6	24	3.22	2.5
615	0	1.02E-07	0	2.49E-07	6.1	5.84	5.13	95.9	24.6	16.6	24.2	3.22	2.5
620	0	4E-09	0	-1.83E-08	6.1	5.84	5.13	95.8	24.6	16.6	24.4	3.22	2.5
625	0	-7.49E-10	0	-3.82E-08	6.1	5.84	5.13	95.8	24.6	16.6	24.6	3.22	2.5
630	0	-7.42E-10	0	-4.01E-08	6.09	5.84	5.13	95.7	24.6	16.6	24.7	3.22	2.5
635	0	-7.05E-10	0	-3.92E-08	6.09	5.84	5.13	95.7	24.6	16.6	24.8	3.22	2.5
640	0	-6.98E-10	0	-3.72E-08	6.09	5.84	5.13	95.6	24.6	16.6	24.9	3.22	2.5
645	0.0225	0.00233	0.0675	0.0058	6.14	5.85	5.13	94.9	24.5	16.5	23.5	3.19	2.5
650	0.0014	0.00485	0.0042	0.0121	6.14	5.85	5.13	95.2	24.6	16.5	23.1	3.18	2.49
655	0.0051	0.00273	0.0153	0.00681	6.15	5.85	5.12	95.8	24.6	16.5	22.7	3.18	2.5
660	0.0065	0.00422	0.0255	0.0105	6.17	5.85	5.12	97.3	24.7	16.5	22.2	3.16	2.49
665	0.0126	0.00552	0.0378	0.0138	6.2	5.86	5.12	98.2	24.7	16.5	21.5	3.14	2.49
670	0.0033	0.00698	0.0099	0.0174	6.2	5.86	5.12	99.7	24.8	16.5	21.2	3.13	2.49
675	0.0251	0.00988	0.0753	0.0245	6.23	5.88	5.12	101	24.8	16.4	20.6	3.07	2.49
680	0.0162	0.0157	0.0486	0.039	6.25	5.89	5.13	102	25	16.4	20.1	3.02	2.48
685	0.0018	0.0107	0.0054	0.0267	6.24	5.89	5.13	103	25.2	16.5	20	3.01	2.48
690	0.02	0.00918	0.06	0.0228	6.26	5.91	5.13	103	25.2	16.5	19.6	2.96	2.48
695	0	0.00817	0	0.0203	6.25	5.91	5.13	104	25.4	16.5	19.6	2.94	2.48
700	0.0086	0.0041	0.0258	0.0102	6.26	5.91	5.12	103	25.4	16.5	19.4	2.93	2.49
705	0.0116	0.00748	0.0348	0.0186	6.27	5.92	5.12	104	25.5	16.5	19.2	2.9	2.48
710	0.0123	0.0103	0.0369	0.0256	6.27	5.93	5.13	105	25.7	16.5	19.1	2.86	2.48
715	0.03	0.00891	0.09	0.0245	6.28	5.95	5.13	102	25.7	16.4	18.5	2.79	2.47
720	0.0006	0.0145	0.0018	0.0359	6.28	5.96	5.13	105	26.1	16.4	18.6	2.75	2.47
725	0.01	0.0106	0.03	0.0261	6.28	5.97	5.13	105	26.2	16.5	18.5	2.72	2.47
730	0.0033	0.0061	0.0099	0.0151	6.28	5.97	5.13	105	26.3	16.5	18.5	2.71	2.47
735	0.02	0.00673	0.06	0.0166	6.29	5.98	5.13	104	26.3	16.5	18.2	2.66	2.47
740	0.01	0.0104	0.03	0.0255	6.29	5.99	5.13	104	26.5	16.4	18.1	2.63	2.46
745	0.01	0.0119	0.03	0.0294	6.29	6	5.13	105	26.7	16.4	18.1	2.59	2.46
750	0.01	0.00936	0.03	0.023	6.29	6.01	5.13	105	26.8	16.5	18	2.57	2.48
755	0.01	0.00944	0.03	0.0232	6.29	6.02	5.13	105	27	16.5	17.9	2.54	2.46
760	0.0272	0.0111	0.0816	0.0271	6.3	6.03	5.14	103	26.9	16.4	17.6	2.5	2.45
765	0	0.0132	0	0.0323	6.29	6.03	5.14	105	27.2	16.4	17.7	2.48	2.45
770	0.0212	0.0109	0.0636	0.0266	6.3	6.04	5.14	104	27.2	16.4	17.6	2.45	2.44
775	0.0213	0.0183	0.0639	0.0444	6.3	6.05	5.15	105	27.3	16.4	17.5	2.42	2.43
780	0	0.0117	0	0.0283	6.29	6.05	5.15	105	27.6	16.5	17.6	2.42	2.43
785	0.03	0.0107	0.09	0.0259	6.3	6.05	5.15	103	27.4	16.4	17.4	2.39	2.42
790	0	0.0129	0	0.0312	6.29	6.06	5.15	105	27.7	16.5	17.5	2.39	2.42
795	0.0138	0.00847	0.0414	0.0205	6.3	6.06	5.15	104	27.7	16.5	17.3	2.38	2.42
800	0.0088	0.00741	0.0264	0.0179	6.3	6.06	5.15	103	27.7	16.5	17.2	2.37	2.42
805	0.0321	0.0165	0.0963	0.0394	6.3	6.06	5.16	104	27.5	16.4	17.1	2.35	2.4
810	0	0.0153	0	0.0366	6.3	6.07	5.16	105	27.8	16.5	17.2	2.35	2.4
815	0	0.00582	0	0.014	6.29	6.07	5.16	105	27.9	16.5	17.4	2.36	2.4
820	0.01	0.002	0.03	0.00481	6.29	6.07	5.16	104	27.9	16.6	17.3	2.35	2.4
825	0.0203	0.0112	0.0609	0.0267	6.3	6.07	5.16	104	27.7	16.5	17.2	2.34	2.39
830	0.0009	0.00904	0.0027	0.0216	6.29	6.07	5.16	104	27.9	16.5	17.2	2.35	2.39
835	0.0146	0.00616	0.0438	0.0147	6.3	6.07	5.17	103	27.8	16.5	17.1	2.34	2.39
840	0	0.00627	0	0.0149	6.29	6.07	5.17	104	28	16.5	17.2	2.35	2.38
845	0.0172	0.00429	0.0516	0.0102	6.29	6.07	5.17	102	27.8	16.5	16.9	2.34	2.38
850	0.0315	0.0131	0.0945	0.031	6.3	6.07	5.17	101	27.6	16.4	16.7	2.32	2.37
855	0.0064	0.018	0.0192	0.0424	6.3	6.07	5.17	103	27.8	16.4	16.7	2.32	2.35
860	0.0016	0.0113	0.0048	0.0266	6.29	6.07	5.18	104	28	16.5	16.9	2.33	2.35
865	0.0181	0.00813	0.0543</										

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

870	0.0146	0.0114	0.0438	0.0266	6.3	6.07	5.18	103	27.8	16.5	16.7	2.33	2.34
875	0.0242	0.0111	0.0726	0.0259	6.3	6.07	5.18	101	27.7	16.5	16.4	2.32	2.33
880	0.0275	0.0236	0.0825	0.0545	6.3	6.07	5.19	103	27.6	16.4	16.4	2.32	2.31
885	0	0.0168	0	0.0387	6.3	6.07	5.19	104	28	16.5	16.6	2.33	2.31
890	0.0003	0.00586	0.0009	0.0136	6.29	6.07	5.19	104	28.1	16.6	16.7	2.34	2.31
895	0.0029	0.00198	0.0087	0.00459	6.29	6.07	5.19	104	28.1	16.6	16.8	2.34	2.32
900	0.02	0.00231	0.06	0.00536	6.29	6.07	5.19	101	27.9	16.5	16.5	2.33	2.32
905	0.0191	0.0138	0.0573	0.0318	6.29	6.07	5.2	102	27.8	16.4	16.5	2.33	2.3
910	0	0.0107	0	0.0247	6.29	6.07	5.2	103	28	16.5	16.6	2.34	2.3
915	0	0.00374	0	0.0086	6.29	6.07	5.2	104	28.1	16.6	16.8	2.34	2.3
920	0	0.000872	0	0.00201	6.28	6.07	5.19	104	28.1	16.6	17	2.35	2.3
925	0	0.000157	0	0.000362	6.28	6.07	5.19	104	28.1	16.6	17.2	2.35	2.31
930	0	0.0141	1.38	0.0329	6.08	5.87	5.21	86.1	24.6	16.8	23.2	3.23	2.33
935	0	0.0177	0	0.0417	6.2	5.93	5.2	93.3	25.8	16.8	26.9	3.66	2.35
940	0	0.0156	0.00708	0.0367	6.32	5.96	5.2	98.7	26.2	16.8	27.9	3.79	2.36
945	0	0.0139	0.00177	0.0328	6.36	5.98	5.19	102	26.4	16.8	27.9	3.83	2.36
950	0	0.00881	0	0.0209	6.35	5.99	5.19	102	26.7	16.8	28.3	3.84	2.37
955	0	0.00292	0	0.00697	6.33	5.99	5.19	101	26.9	16.9	28.8	3.84	2.38
960	0	0.000665	0	0.00159	6.32	6	5.19	101	26.9	16.8	29.2	3.83	2.38
965	0.0001	0.000117	0.0003	0.00028	6.31	6	5.18	101	26.9	16.8	29.5	3.83	2.39
970	0	0.0000168	0	0.0000406	6.3	6	5.18	101	27	16.8	29.8	3.82	2.39
975	0	1.98E-06	0	5.06E-06	6.3	6	5.18	101	27	16.8	30.1	3.82	2.39
980	0	1.81E-07	0	7.01E-07	6.29	6	5.17	100	27	16.7	30.3	3.82	2.39
985	0.005	0.000586	0.015	0.0014	6.32	6	5.17	101	27	16.7	29.9	3.82	2.39
990	0.0076	0.00134	0.0228	0.00322	6.36	6	5.17	103	26.9	16.7	29.1	3.82	2.39
995	0.0146	0.00659	0.0438	0.0157	6.41	6	5.16	105	26.8	16.6	28.1	3.82	2.39
1000	0.0001	0.00417	0.0003	0.00998	6.39	6	5.16	105	26.9	16.6	27.9	3.82	2.39
1005	0.0054	0.00204	0.0162	0.00489	6.41	6	5.16	106	26.9	16.6	27.4	3.83	2.4
1010	0.013	0.00273	0.039	0.00655	6.45	6	5.16	108	26.8	16.6	26.5	3.82	2.4
1015	0.0415	0.0158	0.125	0.0377	6.5	6.03	5.16	111	26.9	16.5	25.1	3.72	2.39
1020	0.0628	0.0334	0.188	0.0788	6.54	6.07	5.16	112	27.3	16.3	23.5	3.55	2.37
1025	0	0.0342	0	0.081	6.53	6.08	5.15	116	28.1	16.4	23.6	3.5	2.37
1030	0	0.015	0	0.0359	6.53	6.08	5.15	116	28.4	16.6	23.8	3.49	2.39
1035	0.0764	0.0108	0.229	0.0257	6.56	6.12	5.15	108	28.3	16.5	21.7	3.33	2.39
1040	0.0438	0.0463	0.131	0.109	6.57	6.16	5.16	116	28.9	16.2	21.4	3.19	2.36
1045	0.0188	0.0453	0.0564	0.106	6.57	6.17	5.16	119	29.8	16.3	21.4	3.13	2.35
1050	0	0.0214	0	0.0508	6.57	6.17	5.15	119	30.2	16.5	21.6	3.12	2.37
1055	0.0003	0.00638	0.0009	0.0153	6.57	6.17	5.15	119	30.3	16.7	21.8	3.13	2.39
1060	0.0145	0.0058	0.0435	0.0139	6.57	6.18	5.15	119	30.3	16.6	21.5	3.11	2.4
1065	0.0062	0.00521	0.0186	0.0125	6.57	6.18	5.15	118	30.4	16.6	21.3	3.1	2.4
1070	0.0014	0.00388	0.0042	0.00934	6.57	6.18	5.15	119	30.5	16.6	21.3	3.09	2.4
1075	0.0006	0.00198	0.0018	0.00476	6.57	6.18	5.15	119	30.6	16.7	21.4	3.09	2.41
1080	0.0027	0.000334	0.0081	0.00225	6.57	6.18	5.14	119	30.6	16.6	21.4	3.09	2.41
1085	0.0001	0.000528	0.0003	0.00127	6.57	6.18	5.14	119	30.6	16.6	21.5	3.09	2.41
1090	0.0006	0.000228	0.0024	0.000551	6.57	6.18	5.14	119	30.6	16.6	21.6	3.09	2.41
1095	0.0024	0.000213	0.0072	0.000515	6.57	6.18	5.14	119	30.6	16.6	21.6	3.09	2.41
1100	0.0152	0.00227	0.0456	0.00546	6.57	6.19	5.14	118	30.5	16.6	21.2	3.07	2.41
1105	0.0311	0.0175	0.0933	0.0418	6.58	6.2	5.14	118	30.5	16.4	20.8	3.03	2.39
1110	0.0053	0.0159	0.0159	0.038	6.58	6.2	5.15	119	30.9	16.5	20.7	3.02	2.39
1115	0.0059	0.00903	0.0177	0.0216	6.58	6.2	5.15	119	31	16.6	20.6	3.02	2.39
1120	0	0.00394	0	0.00943	6.58	6.2	5.14	119	31.1	16.6	20.7	3.02	2.39
1125	0	0.00111	0	0.00286	6.58	6.2	5.14	120	31.1	16.6	20.8	3.02	2.4
1130	0.0309	0.00237	0.0927	0.00567	6.59	6.21	5.14	115	30.8	16.6	20	2.99	2.4
1135	0.0079	0.0156	0.0237	0.0372	6.59	6.21	5.15	119	31	16.5	20	2.98	2.38
1140	0.0044	0.0111	0.0132	0.0263	6.59	6.21	5.15	119	31.2	16.6	20	2.98	2.38
1145	0.0203	0.0112	0.0609	0.0265	6.59	6.21	5.15	118	31.1	16.5	19.8	2.97	2.38
1150	0.0176	0.014	0.0528	0.0331	6.59	6.22	5.15	118	31.1	16.5	19.5	2.96	2.37
1155	0.0304	0.0153	0.0912	0.036	6.6	6.22	5.16	116	30.9	16.5	19.1	2.93	2.36
1160	0.0082	0.018	0.0246	0.0423	6.6	6.22	5.16	116	31.2	16.5	19	2.93	2.35
1165	0	0.0116	0	0.0274	6.59	6.22	5.16	119	31.4	16.6	19.2	2.94	2.35
1170	0	0.00434	0	0.0102	6.59	6.22	5.16	120	31.5	16.7	19.4	2.95	2.36
1175	0	0.00106	0	0.00256	6.59	6.22	5.16	120	31.5	16.7	19.6	2.96	2.36
1180	0	0.000207	0	0.00049	6.59	6.22	5.16	120	31.5	16.7	19.7	2.96	2.37
1185	0.0063	0.000619	0.0189	0.00147	6.59	6.22	5.16	119	31.4	16.7	19.6	2.96	2.37
1190	0.0004	0.000922	0.0012	0.00218	6.59	6.22	5.16	119	31.5	16.7	19.6	2.96	2.37
1195	0	0.000321	0	0.000762	6.58	6.22	5.15	119	31.5	16.7	19.7	2.96	2.37
1200	0	0.0000684	0	0.000162	6.58	6.22	5.15	119	31.5	16.6	19.9	2.96	2.37
1205	0.001	0.000771	0.00477	0.00183	6.58	6.22	5.15	115	31.3	16.6	19.8	2.95	2.37
1210	0.0204	0.0196	10.2	0.0477	6.7	6.27	5.19	103	28	17	23.5	3.94	2.42
1215	0	0.0231	0.00177	0.0569	6.94	6.32	5.19	118	29.1	17	27.4	4.5	2.45
1220	0	0.0134	0	0.0332	6.95	6.36	5.18	120	30.1	17.1	29.3	4.77	2.48
1225	0	0.0119	0.0111	0.0296	7.05	6.39	5.18	127	30.3	17	30.4	4.85	2.49
1230	0.0129	0.0164	0.0387	0.0408	7.09	6.4	5.17	131	30.7	17	30.9	4.89	2.49
1235	0.0181	0.0168	0.0543	0.042	7.13	6.42	5.16	135	31.1	17	30.9	4.89	2.5
1240	0.0216	0.0163	0.0648	0.0408	7.16	6.44	5.16	138	31.5	17	30.6	4.87	2.51
1245	0	0.0124	0	0.0312	7.16	6.44	5.15	139	31.9	17	30.8	4.88	2.52
1250	0.0002	0.00462	0.0006	0.0117	7.15	6.44	5.14	139	32.1	17	31	4.89	2.53
1255	0	0.0115	0.0111	0.0291	7.17	6.46	5.14	139	32.2	16.9	30.5	4.83	2.53
1260	0	0.0114	0	0.029	7.16	6.47	5.13	139	32.6	16.9	30.7	4.83	2.53
1265	0	0.00419	0	0.0107	7.15	6.47	5.12	139	32.7	16.9	30.9	4.83	2.54
1270	0	0.00101	0	0.00257	7.15	6.47	5.12	139	32.7	16.9	31.2	4.83	2.55
1275	0.03	0.00843	0.09	0.0214	7.2	6.48	5.11	141	32.8	16.8	30.5	4.78	2.54
1280	0	0.00921	0	0.0234	7.18	6.48	5.11	141	33.1	16.8	30.5	4.77	2.54
1285	0	0.00349	0	0.00889	7.18	6.48	5.1	141	33.1	16.8	30.7	4.78	2.55
1290	0	0.000845	0	0.00216	7.17	6.49	5.1	141	33.2	16.8	31	4.78	2.55
1295	0.0058	0.00128	0.0174	0.00327	7.19	6.49	5.09	142	33.2	16.7	30.8	4.77	2.55
1300	0	0.000591	0	0.00151	7.18	6.49	5.09	142	33.2	16.7	30.9	4.78	2.55
1305	0	0.0208	0.0444	0.0525	7.21	6.5	5.09	140	32.7	16.4	29.8	4.66	2.53
1310	0.0008	0.0236	0.0018	0.0594	7.2	6.5	5.09	141	33.3	16.5	29.8	4.64	2.52
1315	0	0.00963	0	0.0244	7.19	6.5	5.09	141	33.6	16.6	30.1	4.65	2.53
1320	0.0001	0.00251	0.0003	0.0064	7.18	6.5	5.08	141	33.6	16.7	30.4	4.66	2.54
1325	0	0.000497	0	0.00127	7.17	6.5	5.08	141	33.6	16.7	30.7	4.66	2.55
1330	0.0001	0.000											

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

1335	0	0.0000108	0	0.0000275	7.16	6.5	5.08	140	33.6	16.6	31.1	4.66	2.55
1340	0	0.0000012	0	2.93E-06	7.15	6.5	5.07	139	33.6	16.6	31.3	4.66	2.55
1345	0	1.02E-07	0	9.04E-08	7.15	6.5	5.07	139	33.6	16.6	31.4	4.66	2.55
1350	0	4E-09	0	-1.73E-07	7.14	6.5	5.07	139	33.6	16.6	31.5	4.66	2.55
1355	0	-7.49E-10	0	-1.82E-07	7.13	6.5	5.07	138	33.6	16.5	31.6	4.66	2.55
1360	0	-7.42E-10	0	-1.74E-07	7.13	6.5	5.07	138	33.6	16.5	31.7	4.66	2.54
1365	0	-7.05E-10	0	-1.63E-07	7.12	6.5	5.06	137	33.6	16.5	31.8	4.66	2.54
1370	0	-6.98E-10	0	-1.51E-07	7.12	6.5	5.06	137	33.6	16.5	31.8	4.66	2.54
1375	0.0225	0.00233	0.0675	0.0059	7.2	6.51	5.06	140	33.5	16.5	30.7	4.64	2.54
1380	0.0014	0.00485	0.0042	0.0123	7.19	6.51	5.06	140	33.7	16.5	30.4	4.64	2.54
1385	0.0051	0.00273	0.0153	0.00693	7.2	6.51	5.06	141	33.7	16.5	30	4.63	2.54
1390	0.0085	0.00422	0.0255	0.0107	7.22	6.51	5.06	143	33.7	16.4	29.6	4.63	2.54
1395	0.0126	0.00552	0.0378	0.014	7.25	6.51	5.06	144	33.7	16.4	28.9	4.62	2.54
1400	0.0033	0.00698	0.0099	0.0177	7.25	6.51	5.06	146	33.8	16.4	28.8	4.61	2.53
1405	0.0251	0.00988	0.0753	0.025	7.27	6.52	5.06	147	33.7	16.4	28	4.57	2.53
1410	0.0162	0.0157	0.0486	0.0397	7.29	6.52	5.06	149	33.8	16.4	27.4	4.55	2.52
1415	0.0018	0.0107	0.0054	0.0272	7.28	6.52	5.06	149	34.1	16.4	27.3	4.55	2.53
1420	0.02	0.00918	0.06	0.0232	7.3	6.53	5.06	150	34	16.4	26.7	4.52	2.53
1425	0	0.00817	0	0.0207	7.29	6.53	5.06	150	34.3	16.5	26.8	4.52	2.53
1430	0.0086	0.0041	0.0258	0.0104	7.3	6.53	5.06	150	34.2	16.5	26.4	4.52	2.53
1435	0.0116	0.00748	0.0348	0.0189	7.32	6.53	5.06	151	34.3	16.5	26	4.5	2.53
1440	0.0123	0.0103	0.0369	0.0261	7.33	6.54	5.07	152	34.3	16.5	25.6	4.49	2.53
1445	0.03	0.00991	0.09	0.025	7.34	6.54	5.07	150	34.1	16.4	24.5	4.43	2.52
1450	0.0006	0.0145	0.0018	0.0366	7.34	6.54	5.07	153	34.4	16.5	24.5	4.42	2.52
1455	0.01	0.0106	0.03	0.0266	7.35	6.54	5.07	154	34.5	16.5	24.2	4.41	2.52
1460	0.0033	0.0081	0.0099	0.0154	7.35	6.54	5.07	153	34.6	16.5	24.1	4.41	2.52
1465	0.02	0.00673	0.06	0.017	7.36	6.55	5.07	152	34.5	16.5	23.4	4.38	2.52
1470	0.01	0.0104	0.03	0.0261	7.37	6.55	5.08	154	34.5	16.5	23.1	4.36	2.52
1475	0.01	0.0119	0.03	0.03	7.37	6.55	5.08	155	34.6	16.5	22.9	4.35	2.51
1480	0.01	0.00936	0.03	0.0235	7.37	6.55	5.08	155	34.7	16.6	22.6	4.34	2.51
1485	0.01	0.00944	0.03	0.0237	7.38	6.55	5.09	155	34.7	16.6	22.3	4.32	2.51
1490	0.0272	0.0111	0.0816	0.0277	7.39	6.56	5.09	153	34.5	16.6	21.7	4.27	2.5
1495	0	0.0132	0	0.033	7.38	6.56	5.09	155	34.8	16.6	21.8	4.27	2.5
1500	0.0212	0.0109	0.0636	0.0272	7.39	6.56	5.1	155	34.7	16.6	21.4	4.23	2.49
1505	0.0213	0.0183	0.0639	0.0454	7.4	6.56	5.1	155	34.7	16.6	21.1	4.19	2.48
1510	0	0.0117	0	0.029	7.39	6.56	5.1	155	35	16.7	21.3	4.19	2.49
1515	0.03	0.0107	0.09	0.0266	7.4	6.57	5.11	154	34.7	16.7	20.8	4.14	2.48
1520	0	0.0129	0	0.0319	7.39	6.57	5.11	155	35	16.7	20.9	4.13	2.48
1525	0.0138	0.00847	0.0414	0.021	7.4	6.57	5.11	155	34.9	16.8	20.6	4.11	2.48
1530	0.0088	0.00741	0.0264	0.0183	7.4	6.57	5.12	154	34.9	16.8	20.4	4.1	2.48
1535	0.0321	0.0165	0.0963	0.0404	7.4	6.58	5.12	154	34.7	16.7	20.1	4.04	2.46
1540	0	0.0153	0	0.0376	7.39	6.58	5.13	155	35.1	16.8	20.3	4.04	2.46
1545	0	0.00582	0	0.0143	7.39	6.58	5.12	155	35.2	16.9	20.6	4.04	2.46
1550	0.01	0.002	0.03	0.00493	7.4	6.58	5.12	154	35.1	16.9	20.3	4.03	2.46
1555	0.0203	0.0112	0.0609	0.0274	7.4	6.58	5.13	155	34.9	16.8	20	4	2.45
1560	0.0009	0.00904	0.0027	0.0222	7.39	6.58	5.13	154	35.2	16.8	20.1	3.99	2.45
1565	0.0146	0.00616	0.0438	0.0151	7.4	6.58	5.13	154	35.1	16.8	19.8	3.97	2.45
1570	0	0.00627	0	0.0154	7.39	6.58	5.13	154	35.2	16.9	20	3.97	2.45
1575	0.0172	0.00429	0.0516	0.0105	7.4	6.58	5.13	152	35	16.8	19.6	3.95	2.45
1580	0.0315	0.0131	0.0945	0.0318	7.41	6.59	5.13	151	34.7	16.7	19.1	3.89	2.43
1585	0.0084	0.018	0.0192	0.0437	7.4	6.59	5.14	153	35	16.8	19.2	3.87	2.42
1590	0.0016	0.0113	0.0048	0.0274	7.39	6.59	5.14	154	35.3	16.9	19.4	3.88	2.42
1595	0.0181	0.00813	0.0543	0.0197	7.4	6.59	5.14	153	35.1	16.9	19.2	3.85	2.42
1600	0.0146	0.0114	0.0438	0.0274	7.4	6.59	5.14	153	35.1	16.9	19.1	3.83	2.42
1605	0.0242	0.0111	0.0726	0.0267	7.41	6.6	5.14	150	35	16.9	18.6	3.79	2.41
1610	0.0275	0.0236	0.0825	0.0564	7.4	6.6	5.15	153	34.9	16.8	18.6	3.74	2.39
1615	0	0.0168	0	0.0401	7.39	6.6	5.15	153	35.3	16.9	18.8	3.74	2.39
1620	0.0003	0.00586	0.0009	0.0141	7.38	6.6	5.15	153	35.5	17	19.2	3.75	2.4
1625	0.0029	0.00198	0.0087	0.00476	7.38	6.6	5.15	153	35.5	17	19.3	3.75	2.4
1630	0.02	0.00231	0.06	0.00557	7.4	6.6	5.15	150	35.2	16.9	18.8	3.73	2.4
1635	0.0191	0.0138	0.0573	0.0331	7.4	6.6	5.15	152	35.1	16.8	18.8	3.69	2.39
1640	0	0.0107	0	0.0257	7.38	6.6	5.15	152	35.4	16.9	18.9	3.69	2.39
1645	0	0.00374	0	0.00896	7.37	6.61	5.15	152	35.5	16.9	19.3	3.7	2.4
1650	0	0.000872	0	0.00209	7.36	6.61	5.14	152	35.5	16.9	19.6	3.7	2.4
1655	0	0.000157	0	0.000378	7.35	6.61	5.14	152	35.5	16.9	20	3.7	2.4
1660	0	0.0141	1.38	0.0343	6.8	6.43	5.15	108	29.2	17.1	22.1	4.4	2.42
1665	0	0.0177	0	0.0435	6.99	6.52	5.14	117	31	17.1	23	4.82	2.45
1670	0	0.0156	0.00708	0.0385	7.25	6.57	5.14	128	31.8	17.1	23.8	5	2.47
1675	0	0.0139	0.00177	0.0345	7.47	6.62	5.13	146	32.6	17.1	24.9	5.08	2.48
1680	0	0.00881	0	0.022	7.43	6.64	5.12	144	33.3	17.1	25.4	5.12	2.5
1685	0	0.00292	0	0.00735	7.42	6.68	5.12	143	33.8	17.1	25.6	5.14	2.51
1690	0	0.000665	0	0.00167	7.4	6.67	5.11	142	34	17.1	25.7	5.14	2.51
1695	0.0001	0.000117	0.0003	0.000295	7.39	6.68	5.11	142	34.2	17.1	25.7	5.14	2.52
1700	0	0.0000168	0	0.0000425	7.37	6.68	5.1	141	34.3	17	25.6	5.13	2.52
1705	0	1.98E-06	0	0.000005	7.35	6.69	5.1	139	34.4	17	25.5	5.13	2.52
1710	0	1.81E-07	0	0.00000004	7.34	6.69	5.09	138	34.4	16.9	25.3	5.13	2.52
1715	0.005	0.000586	0.015	0.00147	7.43	6.69	5.09	146	34.4	16.9	25.7	5.12	2.52
1720	0.0076	0.00134	0.0228	0.00338	7.51	6.69	5.08	153	34.3	16.8	25.7	5.12	2.52
1725	0.0146	0.00659	0.0438	0.0166	7.58	6.69	5.08	160	34.4	16.8	25.6	5.1	2.52
1730	0.0001	0.00417	0.0003	0.0105	7.55	6.7	5.07	158	34.5	16.8	25.6	5.1	2.52
1735	0.0054	0.00204	0.0162	0.00515	7.58	6.7	5.07	160	34.5	16.8	25.5	5.1	2.52
1740	0.013	0.00273	0.039	0.00689	7.62	6.7	5.07	163	34.6	16.7	25	5.08	2.53
1745	0.0415	0.0158	0.125	0.0397	7.68	6.75	5.06	166	35.3	16.6	24.2	4.97	2.52
1750	0.0628	0.0334	0.188	0.0832	7.68	6.8	5.06	166	36.2	16.4	23.1	4.77	2.5
1755	0	0.0342	0	0.0855	7.67	6.81	5.06	170	37.3	16.5	23.3	4.72	2.5
1760	0	0.015	0	0.0379	7.66	6.81	5.06	170	37.7	16.7	23.6	4.71	2.52
1765	0.0764	0.0108	0.229	0.0271	7.7	6.84	5.06	160	37.4	16.6	21.7	4.53	2.52
1770	0.0438	0.0463	0.131	0.115	7.69	6.86	5.07	169	37.9	16.4	21.6	4.38	2.49
1775	0.0188	0.0453	0.0564	0.112	7.7	6.87	5.07	174	38.8	16.5	21.6	4.32	2.48
1780	0	0.0214	0	0.0536	7.69	6.87	5.07	173	39.3	16.7	21.9	4.32	2.5
1785	0.0003	0.00638	0.0009	0.0181	7.68	6.87	5.07	173	39.5	16.8	22.1	4.32	2.52
1790	0.0145	0.0058	0.0435	0.0146	7.7	6.88	5.07	174	39.4	16.8	21.9	4.3	

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

1800	0.0014	0.00388	0.0042	0.00981	7.69	6.88	5.06	172	39.6	16.8	21.7	4.28	2.53
1805	0.0006	0.00198	0.0018	0.005	7.68	6.88	5.06	172	39.7	16.8	21.9	4.28	2.53
1810	0.0027	0.000934	0.0081	0.00236	7.68	6.88	5.06	172	39.7	16.8	21.9	4.28	2.53
1815	0.0001	0.000528	0.0003	0.00134	7.67	6.88	5.06	172	39.7	16.8	22	4.28	2.53
1820	0.0006	0.000228	0.0024	0.000578	7.67	6.88	5.05	172	39.7	16.8	22.1	4.28	2.53
1825	0.0024	0.000213	0.0072	0.000539	7.68	6.88	5.05	171	39.7	16.7	22.1	4.27	2.53
1830	0.0152	0.00227	0.0456	0.00572	7.69	6.89	5.05	171	39.5	16.7	21.6	4.25	2.52
1835	0.0311	0.0175	0.0933	0.0439	7.69	6.89	5.06	172	39.4	16.6	21.3	4.17	2.51
1840	0.0053	0.0159	0.0159	0.0398	7.69	6.9	5.06	173	39.8	16.7	21.2	4.15	2.5
1845	0.0059	0.00903	0.0177	0.0226	7.69	6.9	5.06	173	39.9	16.7	21.2	4.14	2.5
1850	0	0.00394	0	0.00968	7.68	6.9	5.06	172	40	16.8	21.3	4.13	2.51
1855	0	0.00111	0	0.00278	7.67	6.9	5.06	172	40.1	16.8	21.5	4.13	2.51
1860	0.0309	0.00237	0.0927	0.00593	7.69	8.91	5.06	167	39.7	16.7	20.6	4.08	2.51
1865	0.0079	0.0156	0.0237	0.0389	7.68	6.91	5.07	171	39.9	16.7	20.7	4.04	2.49
1870	0.0044	0.0111	0.0132	0.0276	7.68	6.91	5.07	171	40.1	16.8	20.7	4.03	2.49
1875	0.0203	0.0112	0.0609	0.0278	7.68	6.92	5.08	171	40	16.8	20.5	3.98	2.49
1880	0.0176	0.014	0.0528	0.0347	7.68	6.92	5.09	170	40.1	16.8	20.3	3.94	2.48
1885	0.0304	0.0153	0.0912	0.0377	7.68	6.93	5.09	167	39.9	16.8	19.9	3.87	2.47
1890	0.0082	0.018	0.0246	0.0443	7.67	6.94	5.1	168	40.3	16.9	19.9	3.84	2.46
1895	0	0.0116	0	0.0286	7.66	6.94	5.11	169	40.6	17	20.3	3.83	2.46
1900	0	0.00434	0	0.0107	7.65	6.94	5.1	169	40.7	17	20.6	3.83	2.47
1905	0	0.00108	0	0.00268	7.64	6.94	5.1	169	40.7	17	20.8	3.83	2.47
1910	0	0.000207	0	0.000512	7.64	6.94	5.1	169	40.8	17	21.1	3.83	2.47
1915	0.0063	0.000619	0.0189	0.00153	7.66	6.94	5.1	169	40.7	17	20.8	3.83	2.47
1920	0.0004	0.000922	0.0012	0.00228	7.65	6.94	5.09	169	40.8	16.9	20.8	3.83	2.47
1925	0	0.000321	0	0.000795	7.64	6.94	5.09	168	40.8	16.9	21	3.83	2.47
1930	0	0.0000684	0	0.000169	7.63	6.94	5.09	168	40.8	16.9	21.2	3.83	2.47
1935	0.001	0.000771	0.00477	0.0019	7.62	6.94	5.09	163	40.6	16.9	21	3.81	2.47
1940	0.0204	0.0196	10.2	0.0497	7.41	6.96	5.13	138	34.1	17.2	21.4	4.19	2.52
1945	0	0.0231	0.00177	0.0594	7.52	7.03	5.13	146	35.8	17.3	21.2	4.41	2.55
1950	0	0.0134	0	0.0347	7.53	7.08	5.12	149	37.1	17.4	20.9	4.55	2.59
1955	0	0.0119	0.0111	0.031	7.65	7.13	5.11	153	37.5	17.3	20.3	4.62	2.6
1960	0.0129	0.0164	0.0387	0.0429	7.72	7.15	5.1	158	38.2	17.3	19.7	4.66	2.61
1965	0.0181	0.0168	0.0543	0.0441	7.79	7.19	5.09	162	39	17.2	19.2	4.69	2.63
1970	0.0216	0.0163	0.0648	0.043	7.84	7.23	5.08	165	40	17.2	18.6	4.71	2.64
1975	0	0.0124	0	0.0329	7.84	7.26	5.07	168	41	17.2	18.5	4.74	2.65
1980	0.0002	0.00462	0.0006	0.0123	7.85	7.28	5.06	170	41.6	17.2	18.5	4.76	2.66
1985	0	0.0115	0.0111	0.0306	7.88	7.32	5.06	169	42.3	17.1	18	4.73	2.66
1990	0	0.0114	0	0.0304	7.87	7.33	5.05	170	43.1	17.1	18	4.74	2.66
1995	0	0.00419	0	0.0112	7.87	7.34	5.04	172	43.4	17.1	18	4.74	2.67
2000	0	0.00101	0	0.00269	7.87	7.35	5.03	172	43.8	17	18	4.74	2.67
2005	0.03	0.00843	0.09	0.0224	7.92	7.38	5.02	173	44.2	16.9	17.7	4.7	2.66
2010	0	0.00921	0	0.0245	7.92	7.39	5.01	175	44.7	16.9	17.6	4.69	2.66
2015	0	0.00349	0	0.00927	7.92	7.39	5.01	176	45	16.9	17.7	4.69	2.66
2020	0	0.000845	0	0.00225	7.91	7.4	5	177	45.2	16.8	17.7	4.69	2.66
2025	0.0058	0.00128	0.0174	0.0034	7.93	7.4	4.99	177	45.3	16.8	17.6	4.68	2.65
2030	0	0.000591	0	0.00157	7.93	7.41	4.99	178	45.5	16.7	17.6	4.68	2.65
2035	0	0.0208	0.0444	0.0545	7.95	7.44	4.99	173	45.3	16.5	17.1	4.56	2.62
2040	0.0006	0.0236	0.0018	0.0616	7.95	7.44	4.99	176	46	16.5	17	4.54	2.62
2045	0	0.00963	0	0.0253	7.94	7.45	4.99	176	46.3	16.6	17.1	4.54	2.63
2050	0.0001	0.00251	0.0003	0.00662	7.94	7.45	4.98	177	46.4	16.7	17.1	4.54	2.63
2055	0	0.000497	0	0.00131	7.93	7.45	4.98	177	46.5	16.6	17.2	4.54	2.63
2060	0.0001	0.0000801	0.0003	0.00021	7.92	7.45	4.97	177	46.6	16.6	17.2	4.54	2.63
2065	0	0.0000108	0	0.0000278	7.91	7.46	4.97	176	46.7	16.6	17.2	4.54	2.63
2070	0	0.0000012	0	2.52E-06	7.91	7.46	4.97	176	46.8	16.5	17.2	4.53	2.63
2075	0	1.02E-07	0	-3.64E-07	7.9	7.46	4.96	175	46.8	16.5	17.1	4.53	2.62
2080	0	4E-09	0	-5.98E-07	7.89	7.46	4.96	174	46.9	16.5	17.1	4.53	2.62
2085	0	-7.49E-10	0	-5.72E-07	7.88	7.46	4.96	174	46.9	16.5	17	4.53	2.62
2090	0	-7.42E-10	0	-5.31E-07	7.87	7.46	4.95	173	47	16.4	17	4.53	2.61
2095	0	-7.05E-10	0	-4.88E-07	7.87	7.46	4.95	172	47	16.4	16.9	4.53	2.61
2100	0	-6.98E-10	0	-4.47E-07	7.86	7.46	4.95	171	47	16.4	16.8	4.52	2.61
2105	0.0225	0.00233	0.0675	0.00605	7.97	7.47	4.95	177	46.9	16.3	16.8	4.49	2.6
2110	0.0014	0.00485	0.0042	0.0126	7.96	7.47	4.94	178	47.1	16.3	16.8	4.49	2.6
2115	0.0051	0.00273	0.0153	0.0071	7.97	7.47	4.94	178	47.1	16.3	16.8	4.48	2.6
2120	0.0085	0.00422	0.0255	0.011	7.99	7.48	4.94	179	47.1	16.3	16.7	4.46	2.6
2125	0.0126	0.00552	0.0378	0.0143	8	7.49	4.94	178	47.1	16.3	16.6	4.44	2.6
2130	0.0033	0.00698	0.0099	0.0181	8	7.49	4.94	180	47.4	16.3	16.6	4.43	2.6
2135	0.0251	0.00988	0.0753	0.0256	8.01	7.52	4.95	178	47.7	16.3	16.5	4.36	2.59
2140	0.0162	0.0157	0.0486	0.0407	8.01	7.54	4.96	178	48.3	16.3	16.4	4.31	2.59
2145	0.0018	0.0107	0.0054	0.0278	8.01	7.54	4.96	179	48.7	16.3	16.5	4.3	2.59
2150	0.02	0.00918	0.06	0.0238	8.01	7.56	4.96	177	48.9	16.3	16.3	4.25	2.59
2155	0	0.00817	0	0.0212	8.01	7.57	4.97	178	49.3	16.4	16.4	4.23	2.59
2160	0.0086	0.0041	0.0258	0.0106	8.01	7.57	4.97	177	49.4	16.4	16.3	4.21	2.59
2165	0.0116	0.00748	0.0348	0.0194	8.01	7.58	4.97	176	49.6	16.4	16.2	4.19	2.59
2170	0.0123	0.0103	0.0369	0.0267	8.01	7.6	4.98	176	50	16.4	16.2	4.15	2.59
2175	0.03	0.00991	0.09	0.0256	8.01	7.62	4.98	170	50	16.4	15.9	4.08	2.58
2180	0.0006	0.0145	0.0018	0.0375	8	7.63	4.99	174	50.7	16.5	16	4.05	2.58
2185	0.01	0.0106	0.03	0.0273	8	7.64	5	174	50.8	16.5	16.2	4.04	2.58
2190	0.0033	0.0061	0.0099	0.0158	8	7.64	5	173	51	16.6	16.4	4.03	2.58
2195	0.02	0.00673	0.06	0.0174	7.98	7.65	5.01	171	51	16.6	16.7	3.99	2.58
2200	0.01	0.0104	0.03	0.0267	7.97	7.66	5.02	172	51.4	16.6	17.2	3.96	2.58
2205	0.01	0.0119	0.03	0.0308	7.96	7.67	5.03	173	51.6	16.7	17.7	3.94	2.58
2210	0.01	0.00936	0.03	0.0241	7.95	7.68	5.03	172	51.8	16.7	16.1	3.92	2.58
2215	0.01	0.00944	0.03	0.0243	7.94	7.69	5.04	172	52	16.8	18.4	3.91	2.57
2220	0.0272	0.0111	0.0816	0.0285	7.93	7.7	5.05	169	52	16.8	18.6	3.86	2.57
2225	0	0.0132	0	0.0339	7.92	7.7	5.06	171	52.4	16.9	18.9	3.85	2.57
2230	0.0212	0.0109	0.0636	0.0279	7.92	7.71	5.07	170	52.3	16.9	19.1	3.82	2.56
2235	0.0213	0.0183	0.0639	0.0467	7.91	7.72	5.08	170	52.5	17	19.3	3.79	2.55
2240	0	0.0117	0	0.0298	7.9	7.72	5.09	170	52.8	17.1	19.5	3.8	2.56
2245	0.03	0.0107	0.09	0.0273	7.9	7.72	5.09	168	52.5	17.1	19.5	3.76	2.55
2250	0	0.0129	0	0.0328	7.89	7.73	5.1	169	52.9	17.2	19.7	3.76	2.55
2255	0.0138	0.00847	0.0414	0.0216	7.89	7.73	5.1	168	52.8	17.3	19.7		

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

2265	0.0321	0.0165	0.0963	0.0417	7.87	7.74	5.12	167	52.7	17.3	19.9	3.71	2.54
2270	0	0.0153	0	0.0388	7.86	7.73	5.12	167	53	17.4	20.1	3.72	2.53
2275	0	0.00582	0	0.0148	7.86	7.73	5.12	167	53	17.5	20.2	3.74	2.54
2280	0.01	0.002	0.03	0.00509	7.87	7.73	5.12	167	52.9	17.4	20.1	3.74	2.55
2285	0.0203	0.0112	0.0609	0.0283	7.86	7.74	5.12	167	52.9	17.4	20.2	3.71	2.54
2290	0.0009	0.00904	0.0027	0.0229	7.85	7.74	5.12	167	53.1	17.4	20.3	3.72	2.54
2295	0.0146	0.00616	0.0438	0.0156	7.85	7.74	5.12	166	52.9	17.4	20.2	3.71	2.54
2300	0	0.00627	0	0.0159	7.84	7.74	5.12	166	53.1	17.4	20.3	3.72	2.54
2305	0.0172	0.00429	0.0516	0.0109	7.85	7.74	5.11	164	52.8	17.4	20.2	3.71	2.54
2310	0.0315	0.0131	0.0945	0.0331	7.84	7.75	5.12	162	52.6	17.3	20.1	3.67	2.53
2315	0.0064	0.018	0.0192	0.0454	7.83	7.74	5.12	164	52.9	17.3	20.2	3.67	2.52
2320	0.0016	0.0113	0.0048	0.0286	7.82	7.74	5.12	164	53	17.4	20.4	3.69	2.52
2325	0.0181	0.00813	0.0543	0.0205	7.82	7.74	5.12	164	52.8	17.4	20.4	3.68	2.52
2330	0.0146	0.0114	0.0438	0.0286	7.82	7.74	5.12	164	52.8	17.4	20.4	3.67	2.52
2335	0.0242	0.0111	0.0726	0.0279	7.81	7.75	5.12	160	52.6	17.3	20.2	3.65	2.52
2340	0.0275	0.0236	0.0825	0.059	7.8	7.75	5.13	163	52.7	17.3	20.3	3.63	2.5
2345	0	0.0168	0	0.042	7.79	7.74	5.13	162	53	17.4	20.5	3.65	2.5
2350	0.0003	0.00586	0.0009	0.0147	7.78	7.74	5.12	162	52.9	17.4	20.7	3.67	2.51
2355	0.0029	0.00198	0.0087	0.00498	7.78	7.74	5.11	162	52.9	17.4	20.8	3.68	2.52
2360	0.02	0.00231	0.06	0.00583	7.79	7.74	5.11	160	52.6	17.3	20.5	3.67	2.52
2365	0.0191	0.0138	0.0573	0.0347	7.79	7.74	5.11	162	52.7	17.2	20.5	3.64	2.51
2370	0	0.0107	0	0.0269	7.77	7.74	5.11	161	52.8	17.2	20.7	3.66	2.51
2375	0	0.00374	0	0.00939	7.76	7.73	5.1	161	52.7	17.2	20.9	3.68	2.51
2380	0	0.000872	0	0.0022	7.75	7.73	5.09	160	52.7	17.2	21.1	3.68	2.52
2385	0	0.000157	0	0.000395	7.75	7.73	5.09	160	52.7	17.1	21.2	3.69	2.52
2390	0	0.0141	1.38	0.0359	7.04	7.21	5.1	116	37.3	17.2	21.8	3.57	2.54
2395	0	0.0177	0	0.0455	7.14	7.21	5.09	122	36.1	17.2	21.8	3.73	2.56
2400	0	0.0156	0.00708	0.0404	7.34	7.5	5.08	129	42.3	17.2	21.2	3.65	2.59
2405	0	0.0139	0.00177	0.0362	7.48	7.41	5.06	135	40.6	17.2	20.3	3.63	2.6
2410	0	0.00881	0	0.0231	7.5	7.44	5.05	138	41.4	17.1	19.8	3.61	2.62
2415	0	0.00292	0	0.00769	7.52	7.48	5.03	140	42.1	17.1	19.3	3.55	2.63
2420	0	0.000665	0	0.00175	7.53	7.53	5.02	141	43.4	17	18.9	3.53	2.63
2425	0.0001	0.000117	0.0003	0.000307	7.54	7.57	5.02	142	44	16.9	18.6	3.5	2.63
2430	0	0.0000168	0	0.0000432	7.54	7.6	5.01	142	44.7	16.9	18.2	3.48	2.62
2435	0	1.96E-06	0	0.0000043	7.54	7.63	5	142	45.4	16.8	17.9	3.47	2.62
2440	0	1.81E-07	0	-4.2E-07	7.56	7.65	4.99	143	45.9	16.7	17.3	3.47	2.61
2445	0.005	0.000586	0.015	0.00153	7.72	7.66	4.99	152	46.2	16.7	16.6	3.46	2.61
2450	0.0076	0.00134	0.0228	0.00349	7.86	7.68	4.98	159	46.5	16.6	15.5	3.45	2.6
2455	0.0146	0.00659	0.0438	0.0171	7.99	7.7	4.97	167	47.1	16.5	14.4	3.45	2.6
2460	0.0001	0.00417	0.0003	0.0108	8	7.7	4.96	168	47.4	16.5	13.7	3.46	2.6
2465	0.0054	0.00204	0.0162	0.0053	8.06	7.71	4.96	171	47.6	16.5	13	3.46	2.6
2470	0.013	0.00273	0.039	0.00708	8.13	7.73	4.95	173	48	16.4	12.3	3.45	2.59
2475	0.0415	0.0158	0.125	0.0408	8.19	7.79	4.95	174	49.8	16.3	11.7	3.48	2.58
2480	0.0628	0.0334	0.188	0.0855	8.22	7.83	4.96	172	50.8	16.2	11.1	3.51	2.57
2485	0	0.0342	0	0.0878	8.22	7.83	4.96	180	51.7	16.3	11	3.55	2.57
2490	0	0.015	0	0.0388	8.21	7.83	4.96	180	52	16.5	11.1	3.59	2.58
2495	0.0764	0.0108	0.229	0.0278	8.22	7.86	4.96	167	52	16.4	11.2	3.58	2.58
2500	0.0438	0.0463	0.131	0.118	8.18	7.87	4.98	177	52.5	16.3	12.2	3.56	2.56
2505	0.0188	0.0453	0.0564	0.115	8.17	7.87	4.99	181	53.2	16.4	13.1	3.6	2.55
2510	0	0.0214	0	0.055	8.15	7.86	4.99	179	53.6	16.7	13.6	3.64	2.57
2515	0.0003	0.00638	0.0009	0.0165	8.14	7.86	4.99	178	53.6	16.8	13.7	3.66	2.58
2520	0.0145	0.0058	0.0435	0.015	8.16	7.87	4.99	181	53.8	16.7	14.1	3.66	2.59
2525	0.0062	0.00521	0.0186	0.0135	8.14	7.87	4.99	179	53.9	16.7	14.4	3.67	2.59
2530	0.0014	0.00388	0.0042	0.01	8.12	7.87	4.98	177	54	16.7	14.6	3.67	2.59
2535	0.0006	0.00198	0.0018	0.00511	8.11	7.87	4.98	177	54.1	16.7	14.7	3.67	2.59
2540	0.0027	0.000934	0.0081	0.00241	8.11	7.87	4.98	177	54.1	16.7	14.8	3.67	2.58
2545	0.0001	0.000528	0.0003	0.00136	8.1	7.87	4.97	176	54.3	16.6	14.9	3.68	2.58
2550	0.0006	0.000228	0.0024	0.000589	8.1	7.87	4.97	176	54.4	16.6	14.9	3.68	2.58
2555	0.0024	0.000213	0.0072	0.000549	8.1	7.88	4.97	177	54.4	16.6	15	3.67	2.58
2560	0.0152	0.00227	0.0456	0.00583	8.11	7.88	4.96	177	54.3	16.5	15.2	3.66	2.57
2565	0.0311	0.0175	0.0933	0.0448	8.09	7.89	4.98	177	54.3	16.5	15.5	3.64	2.56
2570	0.0053	0.0159	0.0159	0.0407	8.08	7.88	4.99	177	54.6	16.6	15.9	3.65	2.55
2575	0.0059	0.00903	0.0177	0.0231	8.07	7.88	4.99	177	54.6	16.7	16.2	3.66	2.56
2580	0	0.00394	0	0.0101	8.06	7.88	4.99	175	54.6	16.7	16.3	3.67	2.56
2585	0	0.00111	0	0.00284	8.05	7.88	4.99	175	54.6	16.7	16.4	3.67	2.56
2590	0.0309	0.00237	0.0927	0.00605	8.06	7.88	4.99	171	54.2	16.6	16.3	3.65	2.56
2595	0.0079	0.0156	0.0237	0.0398	8.03	7.89	5	174	54.5	16.6	16.7	3.65	2.55
2600	0.0044	0.0111	0.0132	0.0282	8.02	7.88	5	173	54.6	16.7	16.9	3.66	2.55
2605	0.0203	0.0112	0.0609	0.0284	8.02	7.88	5.01	174	54.4	16.8	17.2	3.65	2.54
2610	0.0176	0.014	0.0528	0.0355	8.01	7.88	5.02	172	54.4	16.8	17.3	3.65	2.54
2615	0.0304	0.0153	0.0912	0.0387	7.99	7.88	5.03	169	54	16.9	17.4	3.64	2.53
2620	0.0082	0.018	0.0246	0.0455	7.98	7.88	5.04	169	54.3	16.9	17.6	3.64	2.53
2625	0	0.0116	0	0.0294	7.96	7.87	5.04	169	54.4	17	17.9	3.66	2.53
2630	0	0.00434	0	0.011	7.95	7.87	5.04	169	54.4	17.1	18.1	3.68	2.53
2635	0	0.00108	0	0.00275	7.94	7.87	5.03	169	54.4	17	18.2	3.69	2.54
2640	0	0.000207	0	0.000525	7.94	7.87	5.03	169	54.4	17	18.3	3.69	2.54
2645	0.0063	0.000619	0.0189	0.00157	7.96	7.87	5.02	171	54.4	16.9	18.2	3.69	2.53
2650	0.0004	0.000922	0.0012	0.00233	7.95	7.87	5.02	169	54.4	16.9	18.3	3.69	2.53
2655	0	0.000321	0	0.000813	7.94	7.87	5.01	169	54.4	16.8	18.3	3.69	2.53
2660	0	0.0000684	0	0.000173	7.93	7.87	5.01	168	54.5	16.8	18.4	3.69	2.53
2665	0.001	0.000771	0.00477	0.00194	7.93	7.87	5	165	54.2	16.7	18.3	3.68	2.52
2670	0.0204	0.0196	10.2	0.0509	7.47	7.69	5.04	131	43.8	17	18.5	3.18	2.58
2675	0	0.0231	0.00177	0.0607	7.47	7.63	5.04	128	44.7	17.1	19.2	3.23	2.61
2680	0	0.0134	0	0.0354	7.5	7.64	5.03	141	46.5	17.2	16.7	3.31	2.64
2685	0	0.0119	0.0111	0.0316	7.83	7.66	5.02	159	46.2	17.1	16.4	3.31	2.65
2690	0.0129	0.0164	0.0387	0.0436	7.96	7.67	5.01	168	46.7	17.1	15.5	3.31	2.66
2695	0.0181	0.0168	0.0543	0.0448	8.05	7.7	5	175	47.2	17	14.5	3.31	2.67
2700	0.0216	0.0163	0.0648	0.0436	8.1	7.73	4.99	177	47.7	17	13.8	3.29	2.68
2705	0	0.0124	0	0.0332	8.09	7.73	4.98	179	48.2	17	13.7	3.29	2.68
2710	0.0002	0.00462	0.0006	0.0124	8.08	7.74	4.96	179	48.4	17	13.7	3.29	2.69
2715	0	0.0115	0.0111	0.0309	8.12	7.78	4.96	178	48.6	16.9	13.2	3.24	2.68
2720	0	0.0114	0	0.0306	8.1	7.78							

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

2730	0	0.00101	0	0.00269	8.09	7.79	4.92	180	49.5	16.8	13.3	3.22	2.67
2735	0.03	0.00843	0.09	0.0224	8.17	7.82	4.92	182	49.6	16.6	12.8	3.17	2.66
2740	0	0.00921	0	0.0245	8.16	7.83	4.91	183	50.1	16.6	12.7	3.15	2.66
2745	0	0.00349	0	0.00925	8.15	7.83	4.9	184	50.3	16.6	12.7	3.15	2.65
2750	0	0.000845	0	0.00224	8.15	7.84	4.89	185	50.4	16.5	12.7	3.14	2.65
2755	0.0058	0.00128	0.0174	0.00339	8.18	7.85	4.89	186	50.7	16.5	12.5	3.13	2.64
2760	0	0.000591	0	0.00156	8.18	7.85	4.88	186	50.9	16.4	12.4	3.11	2.64
2765	0	0.0208	0.0444	0.0543	8.21	7.89	4.89	181	50.1	16.2	11.9	3.02	2.61
2770	0.0006	0.0236	0.0018	0.0613	8.2	7.89	4.9	184	50.9	16.3	11.8	3.01	2.61
2775	0	0.00963	0	0.0251	8.19	7.89	4.89	184	51.1	16.4	11.8	3.01	2.61
2780	0.0001	0.00251	0.0003	0.00657	8.19	7.89	4.88	185	51.1	16.4	11.8	3.02	2.61
2785	0	0.000497	0	0.0013	8.18	7.89	4.87	185	51.2	16.4	11.8	3.02	2.61
2790	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000208	8.18	7.9	4.87	185	51.4	16.3	11.8	3.01	2.61
2795	0	0.0000108	0	0.0000272	8.17	7.9	4.86	185	51.6	16.3	11.7	3	2.6
2800	0	0.0000012	0	2.24E-06	8.17	7.91	4.86	184	51.7	16.2	11.7	2.99	2.6
2805	0	1.02E-07	0	-5.67E-07	8.16	7.91	4.85	184	51.9	16.2	11.6	2.98	2.59
2810	0	4E-09	0	-7.53E-07	8.16	7.92	4.85	183	52.1	16.1	11.5	2.97	2.59
2815	0	-7.49E-10	0	-6.9E-07	8.15	7.93	4.84	182	52.3	16.1	11.4	2.96	2.59
2820	0	-7.42E-10	0	-6.19E-07	8.14	7.93	4.84	182	52.4	16.1	11.3	2.96	2.58
2825	0	-7.05E-10	0	-5.5E-07	8.14	7.94	4.83	181	52.6	16	11.3	2.95	2.58
2830	0	-6.98E-10	0	-4.9E-07	8.13	7.94	4.83	180	52.7	16	11.2	2.94	2.58
2835	0.0225	0.00233	0.0675	0.00598	8.25	7.95	4.83	187	52.5	16	11.1	2.92	2.57
2840	0.0014	0.00485	0.0042	0.0125	8.25	7.95	4.83	187	52.7	15.9	11	2.92	2.57
2845	0.0051	0.00273	0.0153	0.00701	8.27	7.95	4.82	188	52.8	15.9	10.9	2.91	2.57
2850	0.0085	0.00422	0.0255	0.0108	8.29	7.95	4.82	189	52.7	15.9	10.8	2.91	2.57
2855	0.0126	0.00552	0.0378	0.0141	8.3	7.95	4.82	188	52.6	15.9	10.6	2.9	2.56
2860	0.0033	0.00698	0.0099	0.0179	8.31	7.95	4.83	190	52.8	15.9	10.5	2.9	2.56
2865	0.0251	0.00988	0.0753	0.0252	8.32	7.96	4.83	188	52.4	15.9	10.4	2.89	2.55
2870	0.0162	0.0157	0.0486	0.04	8.33	7.96	4.85	189	52.5	16	10.2	2.88	2.55
2875	0.0018	0.0107	0.0054	0.0274	8.32	7.96	4.85	190	52.8	16.1	10.2	2.89	2.55
2880	0.02	0.00918	0.06	0.0234	8.33	7.97	4.86	188	52.5	16.1	10.1	2.88	2.54
2885	0	0.00817	0	0.0208	8.33	7.96	4.86	189	52.8	16.1	10.2	2.89	2.54
2890	0.0086	0.0041	0.0258	0.0104	8.33	7.96	4.86	188	52.7	16.1	10.1	2.89	2.54
2895	0.0116	0.00748	0.0348	0.019	8.33	7.97	4.87	187	52.7	16.1	10	2.88	2.54
2900	0.0123	0.0103	0.0369	0.0262	8.33	7.97	4.87	187	52.7	16.2	9.96	2.88	2.54
2905	0.03	0.00991	0.09	0.0251	8.33	7.97	4.88	181	52.2	16.2	9.73	2.86	2.53
2910	0.0006	0.0145	0.0018	0.0368	8.33	7.97	4.89	185	52.6	16.3	9.79	2.86	2.53
2915	0.01	0.0106	0.03	0.0267	8.33	7.97	4.9	185	52.6	16.3	9.78	2.86	2.53
2920	0.0033	0.0061	0.0099	0.0155	8.33	7.97	4.9	184	52.6	16.4	9.78	2.87	2.53
2925	0.02	0.00673	0.06	0.017	8.33	7.98	4.91	181	52.3	16.4	9.65	2.85	2.53
2930	0.01	0.0104	0.03	0.0262	8.33	7.98	4.91	182	52.4	16.4	9.63	2.85	2.53
2935	0.01	0.0119	0.03	0.0302	8.33	7.98	4.92	182	52.4	16.5	9.64	2.84	2.53
2940	0.01	0.00936	0.03	0.0237	8.32	7.98	4.93	181	52.4	16.6	9.63	2.84	2.53
2945	0.01	0.00944	0.03	0.0239	8.32	7.98	4.94	180	52.4	16.6	9.63	2.84	2.53
2950	0.0272	0.0111	0.0816	0.028	8.31	7.98	4.95	176	51.9	16.7	9.51	2.82	2.53
2955	0	0.0132	0	0.0335	8.31	7.98	4.95	179	52.3	16.8	9.6	2.83	2.53
2960	0.0212	0.0109	0.0636	0.0276	8.31	7.98	4.96	177	51.9	16.8	9.58	2.81	2.53
2965	0.0213	0.0183	0.0639	0.0463	8.3	7.98	4.97	176	51.8	16.9	9.59	2.8	2.53
2970	0	0.0117	0	0.0295	8.3	7.98	4.98	177	52.1	17	9.67	2.81	2.53
2975	0.03	0.0107	0.09	0.0271	8.29	7.99	4.98	173	51.5	17	9.6	2.79	2.53
2980	0	0.0129	0	0.0326	8.29	7.98	4.99	176	51.9	17.1	9.67	2.8	2.53
2985	0.0138	0.00847	0.0414	0.0215	8.28	7.98	4.99	174	51.7	17.1	9.66	2.79	2.53
2990	0.0088	0.00741	0.0264	0.0188	8.28	7.98	4.99	172	51.7	17.1	9.66	2.79	2.53
2995	0.0321	0.0165	0.0963	0.0415	8.27	7.99	5	171	51.2	17.1	9.7	2.77	2.52
3000	0	0.0153	0	0.0386	8.26	7.98	5	173	51.6	17.2	9.83	2.78	2.52
3005	0	0.00582	0	0.0147	8.25	7.98	4.99	173	51.6	17.2	9.95	2.79	2.53
3010	0.01	0.002	0.03	0.00506	8.25	7.98	4.99	170	51.5	17.2	9.92	2.79	2.53
3015	0.0203	0.0112	0.0609	0.0282	8.25	7.99	4.99	171	51.3	17.1	9.94	2.77	2.52
3020	0.0009	0.00904	0.0027	0.0228	8.24	7.98	4.99	171	51.5	17.1	10	2.77	2.52
3025	0.0146	0.00616	0.0438	0.0155	8.24	7.98	4.98	170	51.3	17.1	10.2	2.77	2.52
3030	0	0.00627	0	0.0158	8.22	7.98	4.98	169	51.4	17.1	10.3	2.77	2.52
3035	0.0172	0.00429	0.0516	0.0108	8.22	7.98	4.97	169	51.3	17	10.7	2.78	2.51
3040	0.0315	0.0131	0.0945	0.0328	8.18	7.98	4.98	166	51	16.9	11.4	2.81	2.5
3045	0.0064	0.018	0.0192	0.045	8.15	7.98	4.98	167	51.2	17	12	2.84	2.5
3050	0.0016	0.0113	0.0048	0.0283	8.14	7.97	4.98	166	51.3	17	12.4	2.86	2.5
3055	0.0181	0.00813	0.0543	0.0203	8.14	7.97	4.98	167	51.1	17	12.8	2.88	2.5
3060	0.0146	0.0114	0.0438	0.0283	8.12	7.97	4.98	166	51.1	17	13.3	2.9	2.49
3065	0.0242	0.0111	0.0726	0.0276	8.09	7.96	4.97	162	50.9	16.9	13.7	2.92	2.49
3070	0.0275	0.0236	0.0825	0.0585	8.07	7.96	4.98	163	50.9	16.9	14.3	2.96	2.48
3075	0	0.0168	0	0.0416	8.05	7.95	4.98	163	51.2	17	14.6	2.99	2.48
3080	0.0003	0.00586	0.0009	0.0146	8.04	7.95	4.97	162	51.1	17	14.7	3.01	2.48
3085	0.0029	0.00198	0.0087	0.00491	8.04	7.95	4.96	163	51.1	16.9	14.8	3.02	2.48
3090	0.02	0.00231	0.06	0.00573	8.05	7.95	4.95	161	50.8	16.8	15	3.02	2.48
3095	0.0191	0.0138	0.0573	0.0341	8.03	7.95	4.96	162	50.8	16.7	15.3	3.04	2.47
3100	0	0.0107	0	0.0264	8.01	7.94	4.95	161	51	16.7	15.5	3.06	2.46
3105	0	0.00374	0	0.0092	8	7.94	4.94	160	50.9	16.7	15.6	3.07	2.46
3110	0	0.000872	0	0.00214	7.99	7.94	4.93	160	50.9	16.6	15.6	3.07	2.46
3115	0	0.000157	0	0.000384	7.98	7.94	4.92	159	50.9	16.6	15.6	3.08	2.46
3120	0	0.0141	1.38	0.035	7.24	7.4	4.94	115	40.1	16.7	17.2	3.38	2.47
3125	0	0.0177	0	0.0441	7.15	7.42	4.93	117	40.9	16.7	19.2	3.51	2.49
3130	0	0.0158	0.00708	0.039	7.34	7.45	4.92	126	41	16.7	19.6	3.51	2.5
3135	0	0.0139	0.00177	0.0348	7.63	7.48	4.91	139	41.4	16.7	18	3.49	2.51
3140	0	0.00881	0	0.0222	7.69	7.5	4.9	143	41.9	16.7	16.7	3.47	2.52
3145	0	0.00292	0	0.00737	7.73	7.52	4.89	145	42.4	16.6	15.7	3.44	2.52
3150	0	0.000665	0	0.00167	7.76	7.55	4.88	147	42.8	16.5	15	3.4	2.52
3155	0.0001	0.000117	0.0003	0.000293	7.78	7.57	4.87	148	43.3	16.5	14.3	3.35	2.51
3160	0	0.0000168	0	0.0000408	7.79	7.6	4.86	149	43.7	16.4	13.7	3.3	2.5
3165	0	1.98E-06	0	3.73E-06	7.79	7.62	4.85	149	44.1	16.3	13.2	3.25	2.5
3170	0	1.81E-07	0	-6.05E-07	7.8	7.84	4.84	149	44.5	16.3	12.8	3.21	2.49
3175	0.005	0.000586	0.015	0.00146	7.91	7.66	4.84	155	44.9	16.2	12.5	3.17	2.49
3180	0.0076	0.00134	0.0228	0.00333	8.01	7.68	4.83	161	45.2	16.1	12	3.13	2.48
3185	0.0146	0.00659	0.0438	0.0163	8.11	7.71	4.83	167	45.6	16.1	11.5	3.09	2.48
3													

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

3195	0.0054	0.00204	0.0162	0.00505	8.16	7.73	4.81	169	46.1	16	10.8	3.05	2.48
3200	0.013	0.00273	0.039	0.00675	8.21	7.75	4.81	171	46.4	16	10.3	3.02	2.48
3205	0.0415	0.0158	0.125	0.0389	8.27	7.81	4.81	172	47.1	15.9	9.79	2.98	2.47
3210	0.0628	0.0334	0.188	0.0815	8.31	7.85	4.83	170	47.4	15.9	9.25	2.92	2.45
3215	0	0.0342	0	0.0837	8.31	7.86	4.84	177	48.5	16	9.23	2.92	2.45
3220	0	0.015	0	0.037	8.3	7.86	4.84	178	48.9	16.2	9.25	2.95	2.46
3225	0.0764	0.0108	0.229	0.0264	8.35	7.89	4.84	162	47.8	16.1	8.46	2.88	2.46
3230	0.0438	0.0463	0.131	0.112	8.37	7.9	4.87	173	47.8	16	8.34	2.82	2.43
3235	0.0188	0.0453	0.0564	0.11	8.37	7.9	4.88	176	48.5	16.2	8.31	2.83	2.43
3240	0	0.0214	0	0.0524	8.37	7.89	4.88	177	48.9	16.5	8.37	2.86	2.45
3245	0.0003	0.00638	0.0009	0.0157	8.36	7.89	4.88	178	49	16.5	8.43	2.88	2.46
3250	0.0145	0.0058	0.0435	0.0143	8.38	7.9	4.88	177	48.9	16.5	8.33	2.87	2.46
3255	0.0062	0.00521	0.0186	0.0128	8.38	7.9	4.87	176	49.1	16.5	8.23	2.87	2.46
3260	0.0014	0.00388	0.0042	0.00954	8.38	7.91	4.87	176	49.3	16.5	8.21	2.87	2.46
3265	0.0006	0.00198	0.0018	0.00485	8.38	7.91	4.87	177	49.4	16.4	8.22	2.86	2.45
3270	0.0027	0.000934	0.0081	0.00229	8.38	7.91	4.86	176	49.6	16.4	8.19	2.86	2.45
3275	0.0001	0.000528	0.0003	0.00129	8.38	7.92	4.86	177	49.8	16.4	8.19	2.85	2.45
3280	0.0008	0.000228	0.0024	0.000557	8.38	7.93	4.85	177	50	16.3	8.18	2.84	2.44
3285	0.0024	0.000213	0.0072	0.00052	8.38	7.93	4.85	177	50.2	16.3	8.14	2.83	2.44
3290	0.0152	0.00227	0.0456	0.00552	8.39	7.94	4.85	175	50	16.3	7.98	2.81	2.43
3295	0.0311	0.0175	0.0933	0.0424	8.41	7.95	4.86	176	49.7	16.2	7.86	2.78	2.42
3300	0.0053	0.0159	0.0159	0.0385	8.41	7.94	4.87	176	49.9	16.3	7.82	2.78	2.42
3305	0.0059	0.00903	0.0177	0.0219	8.41	7.94	4.87	176	49.9	16.4	7.77	2.79	2.42
3310	0	0.00394	0	0.00955	8.41	7.94	4.87	177	50	16.4	7.78	2.8	2.42
3315	0	0.00111	0	0.00268	8.4	7.94	4.87	177	50.1	16.4	7.81	2.8	2.43
3320	0.0309	0.00237	0.0927	0.00572	8.41	7.95	4.87	169	49.6	16.4	7.56	2.77	2.42
3325	0.0079	0.0156	0.0237	0.0376	8.44	7.95	4.89	180	49.6	16.4	7.85	2.76	2.41
3330	0.0044	0.0111	0.0132	0.0267	8.42	7.94	4.89	178	49.8	16.5	8.09	2.77	2.41
3335	0.0203	0.0112	0.0609	0.0269	8.42	7.95	4.9	181	49.5	16.5	8.57	2.76	2.41
3340	0.0176	0.014	0.0528	0.0337	8.39	7.95	4.91	178	49.4	16.6	9.07	2.75	2.41
3345	0.0304	0.0153	0.0912	0.0368	8.36	7.95	4.92	175	49.1	16.6	9.62	2.73	2.4
3350	0.0082	0.018	0.0246	0.0433	8.32	7.95	4.93	174	49.4	16.7	10.1	2.73	2.4
3355	0	0.0116	0	0.028	8.29	7.95	4.93	171	49.5	16.8	10.3	2.74	2.41
3360	0	0.00434	0	0.0105	8.27	7.95	4.93	170	49.5	16.8	10.3	2.75	2.41
3365	0	0.00108	0	0.00261	8.27	7.95	4.92	169	49.6	16.8	10.3	2.76	2.41
3370	0	0.000207	0	0.000498	8.26	7.95	4.91	169	49.7	16.7	10.3	2.76	2.41
3375	0.0063	0.000619	0.0189	0.00149	8.32	7.95	4.91	175	49.8	16.7	10.4	2.76	2.41
3380	0.0004	0.000922	0.0012	0.00221	8.29	7.96	4.9	172	50	16.6	10.5	2.77	2.4
3385	0	0.000321	0	0.00077	8.27	7.96	4.9	171	50.1	16.6	10.5	2.77	2.4
3390	0	0.0000684	0	0.000163	8.26	7.96	4.89	170	50.2	16.5	10.4	2.77	2.39
3395	0.001	0.000771	0.00477	0.00184	8.29	7.96	4.89	172	49.9	16.4	10.6	2.77	2.39
3400	0.0204	0.0196	10.2	0.0484	7.48	7.72	4.93	132	46	16.7	14.6	2.94	2.45
3405	0	0.0231	0.00177	0.0575	7.69	7.69	4.93	146	45.5	16.8	15.8	3.04	2.48
3410	0	0.0134	0	0.0335	7.73	7.68	4.92	149	45.7	16.8	15.9	3.11	2.5
3415	0	0.0119	0.0111	0.0298	7.94	7.69	4.91	161	45.2	16.7	14.8	3.11	2.5
3420	0.0129	0.0164	0.0387	0.0411	8.03	7.7	4.9	167	45.6	16.7	13.9	3.11	2.51
3425	0.0181	0.0168	0.0543	0.0421	8.1	7.72	4.89	171	46	16.7	13.1	3.12	2.51
3430	0.0216	0.0163	0.0648	0.0409	8.14	7.74	4.88	173	46.4	16.7	12.6	3.12	2.51
3435	0	0.0124	0	0.0312	8.12	7.74	4.87	175	46.8	16.7	12.5	3.13	2.52
3440	0.0002	0.00462	0.0006	0.0117	8.12	7.74	4.86	175	47	16.7	12.6	3.14	2.52
3445	0	0.0115	0.0111	0.0289	8.15	7.77	4.86	174	46.9	16.6	12.2	3.11	2.51
3450	0	0.0114	0	0.0287	8.13	7.77	4.85	175	47.4	16.5	12.2	3.11	2.51
3455	0	0.00419	0	0.0105	8.12	7.78	4.84	175	47.6	16.5	12.2	3.11	2.51
3460	0	0.00101	0	0.00252	8.12	7.78	4.83	176	47.7	16.4	12.2	3.1	2.51
3465	0.03	0.00843	0.09	0.021	8.19	7.8	4.83	178	47.7	16.3	11.8	3.07	2.49
3470	0	0.00921	0	0.0229	8.18	7.81	4.82	178	48.1	16.3	11.7	3.06	2.49
3475	0	0.00349	0	0.00667	8.18	7.81	4.81	179	48.2	16.3	11.8	3.06	2.49
3480	0	0.000645	0	0.0021	8.17	7.81	4.8	180	48.3	16.2	11.8	3.05	2.48
3485	0.0058	0.00128	0.0174	0.00318	8.2	7.82	4.8	181	48.5	16.2	11.6	3.04	2.48
3490	0	0.000591	0	0.00146	8.2	7.83	4.79	181	48.7	16.1	11.5	3.03	2.48
3495	0	0.0208	0.0444	0.0509	8.23	7.85	4.8	176	47.6	15.9	11	2.95	2.45
3500	0.0006	0.0236	0.0018	0.0574	8.22	7.85	4.81	179	48.4	16	11	2.95	2.44
3505	0	0.00963	0	0.0235	8.21	7.85	4.8	179	48.7	16.1	11	2.95	2.44
3510	0.0001	0.00251	0.0003	0.00615	8.2	7.85	4.8	180	48.7	16.1	11	2.96	2.44
3515	0	0.000497	0	0.00122	8.2	7.86	4.79	180	48.8	16.1	11	2.95	2.44
3520	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000195	8.19	7.86	4.78	180	49	16	11	2.95	2.44
3525	0	0.0000108	0	0.0000257	8.19	7.87	4.78	179	49.1	16	10.9	2.94	2.44
3530	0	0.0000012	0	2.37E-06	8.18	7.87	4.77	179	49.2	15.9	10.9	2.94	2.44
3535	0	1.02E-07	0	-2.57E-07	8.18	7.88	4.77	178	49.4	15.9	10.8	2.93	2.43
3540	0	4E-09	0	-4.37E-07	8.17	7.88	4.76	178	49.5	15.8	10.7	2.92	2.43
3545	0	-7.49E-10	0	-3.88E-07	8.16	7.89	4.76	177	49.6	15.8	10.6	2.91	2.43
3550	0	-7.42E-10	0	-3.31E-07	8.16	7.89	4.75	176	49.7	15.8	10.6	2.91	2.43
3555	0	-7.05E-10	0	-2.79E-07	8.15	7.89	4.75	176	49.9	15.7	10.5	2.9	2.43
3560	0	-6.98E-10	0	-2.34E-07	8.14	7.9	4.74	175	50	15.7	10.4	2.89	2.42
3565	0.0225	0.00233	0.0675	0.00563	8.27	7.9	4.74	181	49.8	15.7	10.3	2.88	2.42
3570	0.0014	0.00485	0.0042	0.0117	8.26	7.91	4.74	182	50	15.7	10.3	2.87	2.42
3575	0.0051	0.00273	0.0153	0.0066	8.28	7.91	4.74	182	50.1	15.7	10.2	2.87	2.42
3580	0.0085	0.00422	0.0255	0.0102	8.3	7.91	4.74	184	50	15.6	10.1	2.86	2.41
3585	0.0126	0.00552	0.0378	0.0133	8.32	7.91	4.74	183	49.9	15.6	9.9	2.86	2.41
3590	0.0033	0.00898	0.0099	0.0168	8.32	7.91	4.74	185	50.1	15.6	9.86	2.86	2.41
3595	0.0251	0.00988	0.0753	0.0236	8.34	7.92	4.75	183	49.8	15.6	9.69	2.84	2.4
3600	0.0162	0.0157	0.0486	0.0375	8.35	7.92	4.76	184	49.9	15.7	9.58	2.84	2.38
3605	0.0018	0.0107	0.0054	0.0256	8.34	7.92	4.77	185	50.2	15.8	9.58	2.85	2.38
3610	0.02	0.00918	0.06	0.0218	8.35	7.92	4.78	183	49.9	15.8	9.46	2.84	2.38
3615	0	0.00817	0	0.0194	8.34	7.92	4.78	185	50.2	15.8	9.48	2.85	2.37
3620	0.0086	0.0041	0.0258	0.00973	8.35	7.92	4.78	183	50.1	15.8	9.41	2.85	2.37
3625	0.0116	0.00748	0.0348	0.0177	8.35	7.93	4.78	183	50	15.8	9.33	2.84	2.37
3630	0.0123	0.0103	0.0369	0.0243	8.36	7.93	4.79	183	50	15.9	9.27	2.84	2.36
3635	0.03	0.00991	0.09	0.0233	8.36	7.93	4.8	177	49.5	15.9	9.05	2.82	2.35
3640	0.0008	0.0145	0.0018	0.0341	8.36	7.93	4.81	181	49.8	16	9.1	2.82	2.35
3645	0.01	0.0108	0.03	0.0248	8.36	7.93	4.82	181	49.9	16	9.07	2.82	2.35
3650	0.0033	0.0061	0.0099	0.0143	8.36	7							

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

3660	0.01	0.0104	0.03	0.0243	8.36	7.93	4.83	178	49.6	16.1	8.88	2.81	2.34
3665	0.01	0.0119	0.03	0.028	8.36	7.93	4.84	179	49.7	16.2	8.88	2.81	2.34
3670	0.01	0.00936	0.03	0.0219	8.36	7.93	4.85	178	49.6	16.3	8.85	2.81	2.34
3675	0.01	0.00944	0.03	0.0221	8.36	7.93	4.86	177	49.6	16.3	8.83	2.81	2.34
3680	0.0272	0.0111	0.0816	0.0259	8.36	7.93	4.87	173	49.2	16.4	8.69	2.79	2.34
3685	0	0.0132	0	0.031	8.35	7.93	4.88	176	49.5	16.4	8.75	2.8	2.34
3690	0.0212	0.0109	0.0636	0.0255	8.35	7.94	4.88	174	49.2	16.5	8.7	2.79	2.34
3695	0.0213	0.0183	0.0639	0.0428	8.35	7.94	4.9	174	49.1	16.6	8.68	2.78	2.34
3700	0	0.0117	0	0.0274	8.34	7.93	4.9	175	49.4	16.7	8.74	2.78	2.35
3705	0.03	0.0107	0.09	0.0251	8.34	7.94	4.91	171	48.8	16.7	8.64	2.77	2.34
3710	0	0.0129	0	0.0302	8.34	7.94	4.91	173	49.2	16.8	8.68	2.77	2.35
3715	0.0138	0.00847	0.0414	0.0199	8.34	7.94	4.91	171	49	16.8	8.64	2.77	2.35
3720	0.0088	0.00741	0.0264	0.0174	8.34	7.94	4.91	170	49	16.8	8.6	2.77	2.35
3725	0.0321	0.0165	0.0963	0.0385	8.33	7.94	4.93	170	48.5	16.8	8.57	2.74	2.34
3730	0	0.0153	0	0.0359	8.33	7.94	4.93	171	48.9	16.9	8.65	2.75	2.34
3735	0	0.00582	0	0.0137	8.32	7.94	4.92	172	49.1	16.9	8.73	2.76	2.35
3740	0.01	0.002	0.03	0.0047	8.32	7.94	4.92	169	48.9	16.9	8.67	2.76	2.35
3745	0.0203	0.0112	0.0609	0.0262	8.32	7.94	4.92	169	48.6	16.8	8.63	2.74	2.34
3750	0.0009	0.00904	0.0027	0.0212	8.32	7.94	4.92	170	48.9	16.9	8.66	2.75	2.34
3755	0.0146	0.00616	0.0438	0.0144	8.32	7.94	4.91	168	48.7	16.8	8.61	2.74	2.34
3760	0	0.00627	0	0.0147	8.31	7.94	4.91	169	48.9	16.8	8.66	2.75	2.34
3765	0.0172	0.00429	0.0516	0.01	8.31	7.94	4.91	165	48.6	16.8	8.56	2.74	2.34
3770	0.0315	0.0131	0.0945	0.0305	8.31	7.94	4.91	163	48	16.7	8.47	2.71	2.33
3775	0.0064	0.018	0.0192	0.0419	8.31	7.94	4.92	165	48.3	16.7	8.54	2.71	2.32
3780	0.0016	0.0113	0.0048	0.0263	8.3	7.94	4.91	167	48.5	16.8	8.64	2.72	2.33
3785	0.0181	0.00613	0.0543	0.0189	8.3	7.93	4.91	165	48.2	16.8	8.62	2.72	2.33
3790	0.0146	0.0114	0.0438	0.0264	8.3	7.93	4.91	164	48.1	16.7	8.62	2.71	2.32
3795	0.0242	0.0111	0.0726	0.0257	8.29	7.93	4.91	160	47.8	16.7	8.52	2.7	2.32
3800	0.0275	0.0236	0.0625	0.0545	8.28	7.93	4.92	163	47.5	16.7	8.62	2.69	2.31
3805	0	0.0168	0	0.0388	8.28	7.93	4.92	159	48	16.8	8.95	2.7	2.31
3810	0.0003	0.00586	0.0009	0.0136	8.28	7.93	4.91	156	48.1	16.8	9.32	2.71	2.32
3815	0.0029	0.00198	0.0067	0.00459	8.24	7.93	4.9	185	48.1	16.7	8	2.72	2.32
3820	0.02	0.00231	0.06	0.00535	8.26	7.93	4.9	161	47.7	16.6	8.62	2.7	2.31
3825	0.0191	0.0138	0.0573	0.0319	8.26	7.93	4.9	164	47.6	16.5	9.32	2.69	2.3
3830	0	0.0107	0	0.0247	8.23	7.93	4.89	161	47.9	16.5	9.55	2.7	2.3
3835	0	0.00374	0	0.0086	8.21	7.93	4.88	160	47.9	16.5	9.55	2.7	2.3
3840	0	0.000872	0	0.002	8.21	7.93	4.88	158	48	16.5	9.6	2.7	2.3
3845	0	0.000157	0	0.000359	8.21	7.93	4.87	155	48	16.4	9.9	2.7	2.3
3850	0	0.0141	1.38	0.0328	7.54	7.51	4.88	113	40.7	16.5	11.7	3.04	2.32
3855	0	0.0177	0	0.0414	7.14	7.49	4.88	113	41	16.5	16.4	3.22	2.33
3860	0	0.0156	0.00708	0.0365	7.32	7.5	4.87	122	40.7	16.5	18.3	3.28	2.34
3865	0	0.0139	0.00177	0.0326	7.54	7.51	4.86	132	40.9	16.5	17.9	3.3	2.35
3870	0	0.00881	0	0.0208	7.63	7.52	4.84	137	41.4	16.5	17	3.3	2.36
3875	0	0.00292	0	0.0069	7.68	7.53	4.83	140	41.7	16.4	16.1	3.29	2.36
3880	0	0.000665	0	0.00157	7.71	7.55	4.82	142	42	16.4	15.2	3.27	2.36
3885	0.0001	0.000117	0.0003	0.000275	7.74	7.57	4.81	143	42.3	16.3	14.4	3.24	2.36
3890	0	0.0000168	0	0.0000386	7.75	7.59	4.81	144	42.6	16.2	13.8	3.2	2.35
3895	0	1.98E-06	0	3.73E-06	7.76	7.61	4.8	144	42.9	16.2	13.2	3.17	2.35
3900	0	1.81E-07	0	-4.4E-07	7.77	7.62	4.79	145	43.2	16.1	12.7	3.14	2.34
3905	0.005	0.000586	0.015	0.00137	7.88	7.64	4.79	151	43.5	16	12.4	3.1	2.34
3910	0.0076	0.00134	0.0228	0.00313	7.99	7.66	4.78	156	43.7	16	12	3.07	2.33
3915	0.0146	0.00659	0.0438	0.0153	8.09	7.68	4.77	162	44	15.9	11.4	3.03	2.33
3920	0.0001	0.00417	0.0003	0.00972	8.09	7.69	4.77	163	44.3	15.9	11.1	3.01	2.33
3925	0.0054	0.00204	0.0162	0.00476	8.14	7.7	4.76	165	44.5	15.9	10.7	2.99	2.33
3930	0.013	0.00273	0.039	0.00636	8.19	7.72	4.76	166	44.7	15.8	10.2	2.97	2.33
3935	0.0415	0.0158	0.125	0.0367	8.25	7.77	4.76	167	45.2	15.7	9.73	2.93	2.32
3940	0.0628	0.0334	0.188	0.0768	8.29	7.82	4.78	165	45.4	15.7	9.2	2.88	2.31
3945	0	0.0342	0	0.0788	8.29	7.82	4.79	172	46.6	15.8	9.17	2.89	2.31
3950	0	0.015	0	0.0348	8.29	7.82	4.79	173	47	16	9.19	2.91	2.32
3955	0.0764	0.0108	0.229	0.0249	8.33	7.85	4.79	158	45.8	16	8.42	2.84	2.32
3960	0.0438	0.0463	0.131	0.106	8.35	7.86	4.82	169	45.7	15.9	8.32	2.8	2.29
3965	0.0188	0.0453	0.0564	0.104	8.35	7.86	4.84	172	46.5	16.1	8.31	2.81	2.29
3970	0	0.0214	0	0.0494	8.35	7.85	4.84	173	46.9	16.3	8.37	2.83	2.3
3975	0.0003	0.00638	0.0009	0.0148	8.34	7.85	4.83	173	47	16.4	8.43	2.85	2.32
3980	0.0145	0.0058	0.0435	0.0134	8.35	7.86	4.83	172	46.8	16.4	8.34	2.85	2.32
3985	0.0062	0.00521	0.0186	0.0121	8.36	7.86	4.83	171	46.9	16.3	8.25	2.85	2.32
3990	0.0014	0.00388	0.0042	0.00899	8.36	7.86	4.83	172	47	16.3	8.23	2.85	2.32
3995	0.0006	0.00198	0.0018	0.00457	8.35	7.86	4.82	172	47.2	16.3	8.24	2.85	2.31
4000	0.0027	0.000934	0.0061	0.00216	8.36	7.87	4.82	172	47.3	16.3	8.21	2.84	2.31
4005	0.0001	0.000528	0.0003	0.00122	8.35	7.87	4.82	173	47.5	16.2	8.22	2.84	2.31
4010	0.0006	0.000228	0.0024	0.000526	8.36	7.88	4.81	173	47.7	16.2	8.21	2.83	2.31
4015	0.0024	0.000213	0.0072	0.000491	8.36	7.88	4.81	172	47.8	16.2	8.17	2.82	2.31
4020	0.0152	0.00227	0.0456	0.00521	8.37	7.9	4.81	170	47.8	16.1	8.02	2.78	2.3
4025	0.0311	0.0175	0.0933	0.0401	8.38	7.95	4.83	171	48.1	16.1	7.9	2.67	2.29
4030	0.0053	0.0159	0.0159	0.0364	8.38	7.95	4.83	172	48.4	16.2	7.86	2.64	2.29
4035	0.0059	0.00903	0.0177	0.0207	8.39	7.95	4.84	172	48.4	16.3	7.81	2.63	2.29
4040	0	0.00394	0	0.00903	8.38	7.95	4.83	172	48.5	16.3	7.82	2.63	2.29
4045	0	0.00111	0	0.00254	8.38	7.96	4.83	173	48.7	16.3	7.85	2.61	2.29
4050	0.0309	0.00237	0.0927	0.00541	8.39	7.98	4.83	165	48.4	16.3	7.59	2.54	2.29
4055	0.0079	0.0156	0.0237	0.0356	8.39	8	4.85	170	48.8	16.3	7.6	2.48	2.28
4060	0.0044	0.0111	0.0132	0.0253	8.39	7.99	4.85	170	48.8	16.4	7.59	2.49	2.28
4065	0.0203	0.0112	0.0609	0.0255	8.39	8	4.86	169	48.6	16.4	7.54	2.46	2.28
4070	0.0176	0.014	0.0528	0.0319	8.39	8.01	4.87	168	48.5	16.5	7.49	2.43	2.28
4075	0.0304	0.0153	0.0912	0.0348	8.39	8.01	4.88	164	48.2	16.5	7.37	2.4	2.28
4080	0.0062	0.018	0.0246	0.0411	8.39	8.01	4.89	166	48.3	16.6	7.38	2.39	2.28
4085	0	0.0116	0	0.0266	8.38	7.99	4.9	168	48.3	16.7	7.48	2.42	2.29
4090	0	0.00434	0	0.00993	8.37	7.99	4.89	168	48.3	16.7	7.56	2.44	2.29
4095	0	0.00108	0	0.00248	8.37	7.99	4.89	169	48.4	16.7	7.62	2.44	2.29
4100	0	0.000207	0	0.000473	8.37	8.01	4.88	169	48.7	16.7	7.67	2.42	2.29
4105	0.0063	0.000619	0.0189	0.00141	8.37	8.02	4.87	167	48.9	16.6	7.63	2.39	2.29
4110	0.0004	0.000922	0.0012	0.0021	8.37	8.03	4.87	168	49.2	16.5	7.62	2.36	2.28
4115	0	0.000321	0	0.000732	8.37								

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

4125	0.001	0.000771	0.00477	0.00175	8.35	8.07	4.85	163	49.6	16.4	7.52	2.27	2.27
4130	0.0204	0.0196	10.2	0.0462	7.54	7.69	4.9	134	44.7	16.7	12.3	2.65	2.33
4135	0	0.0231	0.00177	0.055	7.77	7.67	4.89	148	43.4	16.7	14	2.89	2.37
4140	0	0.0134	0	0.032	7.78	7.67	4.88	149	44.8	16.8	14.4	2.99	2.39
4145	0	0.0119	0.0111	0.0285	7.96	7.68	4.87	159	44.4	16.7	13.9	3.02	2.4
4150	0.0129	0.0164	0.0387	0.0393	8.04	7.7	4.86	164	45.1	16.6	13.3	3.04	2.4
4155	0.0181	0.0168	0.0543	0.0403	8.1	7.72	4.85	168	45.4	16.6	12.8	3.06	2.4
4160	0.0216	0.0163	0.0648	0.0392	8.14	7.73	4.85	170	45.7	16.6	12.3	3.06	2.41
4165	0	0.0124	0	0.0299	8.12	7.74	4.84	172	46.2	16.6	12.3	3.07	2.41
4170	0.0002	0.00462	0.0006	0.0112	8.12	7.74	4.83	172	46.4	16.6	12.4	3.08	2.42
4175	0	0.0115	0.0111	0.0277	8.15	7.76	4.83	171	46.2	16.5	12	3.05	2.41
4180	0	0.0114	0	0.0275	8.13	7.77	4.82	171	46.7	16.5	12	3.05	2.41
4185	0	0.00419	0	0.0101	8.12	7.77	4.81	172	46.8	16.4	12	3.06	2.41
4190	0	0.00101	0	0.00242	8.12	7.77	4.8	172	46.9	16.4	12	3.05	2.41
4195	0.03	0.00843	0.09	0.0202	8.19	7.79	4.8	174	46.7	16.3	11.6	3.02	2.4
4200	0	0.00921	0	0.022	8.18	7.8	4.79	175	47.2	16.2	11.6	3.02	2.39
4205	0	0.00349	0	0.00833	8.17	7.8	4.78	176	47.3	16.2	11.6	3.02	2.39
4210	0	0.000845	0	0.00202	8.17	7.8	4.77	176	47.4	16.2	11.6	3.01	2.39
4215	0.0058	0.00128	0.0174	0.00306	8.2	7.81	4.77	177	47.5	16.1	11.4	3.01	2.39
4220	0	0.000591	0	0.00141	8.19	7.84	4.76	178	48	16.1	11.4	2.96	2.38
4225	0	0.0208	0.0444	0.049	8.22	7.93	4.78	173	48.2	15.9	10.9	2.75	2.36
4230	0.0006	0.0236	0.0018	0.0553	8.21	7.91	4.78	175	48.4	16	10.9	2.72	2.35
4235	0	0.00963	0	0.0227	8.2	7.88	4.78	176	48.3	16.1	10.9	2.75	2.35
4240	0.0001	0.00251	0.0003	0.00592	8.2	7.89	4.77	176	48.4	16.1	10.9	2.76	2.36
4245	0	0.000497	0	0.00117	8.19	7.91	4.76	176	48.8	16	10.9	2.74	2.36
4250	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000188	8.19	7.93	4.76	176	49.2	16	10.8	2.7	2.35
4255	0	0.0000108	0	0.0000249	8.18	7.95	4.75	176	49.5	15.9	10.8	2.65	2.35
4260	0	0.0000012	0	0.0000024	8.17	7.97	4.75	175	49.9	15.9	10.7	2.6	2.35
4265	0	1.02E-07	0	-1.41E-07	8.17	7.98	4.74	175	50.2	15.8	10.7	2.56	2.35
4270	0	4E-09	0	-3.26E-07	8.16	8	4.74	174	50.4	15.8	10.6	2.52	2.35
4275	0	-7.49E-10	0	-2.89E-07	8.15	8.01	4.73	174	50.7	15.8	10.5	2.48	2.34
4280	0	-7.42E-10	0	-2.44E-07	8.15	8.02	4.73	173	50.9	15.7	10.4	2.45	2.34
4285	0	-7.05E-10	0	-2.02E-07	8.14	8.03	4.73	172	51.1	15.7	10.4	2.42	2.34
4290	0	-6.98E-10	0	-1.29E-07	8.14	8.04	4.72	172	51.3	15.7	10.3	2.39	2.34
4295	0.0225	0.00233	0.0675	0.00544	8.26	8.06	4.72	178	51.2	15.6	10.2	2.35	2.34
4300	0.0014	0.00485	0.0042	0.0113	8.26	8.05	4.72	178	51.2	15.6	10.1	2.35	2.34
4305	0.0051	0.00273	0.0153	0.00637	8.27	8.04	4.72	179	51.1	15.6	10.1	2.35	2.34
4310	0.0085	0.00422	0.0255	0.00985	8.29	8.05	4.72	180	51.1	15.6	9.97	2.35	2.33
4315	0.0126	0.00552	0.0378	0.0129	8.31	8.05	4.72	179	51	15.6	9.81	2.34	2.33
4320	0.0033	0.00698	0.0099	0.0162	8.31	8.05	4.72	182	51	15.6	9.77	2.35	2.32
4325	0.0251	0.00988	0.0753	0.0228	8.33	8.06	4.73	180	50.8	15.6	9.6	2.33	2.31
4330	0.0162	0.0157	0.0486	0.0362	8.34	8.06	4.74	181	50.8	15.6	9.5	2.32	2.3
4335	0.0018	0.0107	0.0054	0.0247	8.34	8.04	4.75	182	50.8	15.7	9.49	2.36	2.3
4340	0.02	0.00918	0.06	0.0211	8.34	8.05	4.76	180	50.6	15.7	9.37	2.36	2.3
4345	0	0.00817	0	0.0187	8.34	8.04	4.76	181	50.7	15.8	9.4	2.38	2.29
4350	0.0086	0.0041	0.0258	0.0094	8.34	8.04	4.76	180	50.6	15.8	9.33	2.39	2.29
4355	0.0116	0.00748	0.0348	0.0171	8.35	8.05	4.77	180	50.7	15.8	9.26	2.37	2.29
4360	0.0123	0.0103	0.0369	0.0235	8.35	8.05	4.77	180	50.8	15.8	9.2	2.36	2.28
4365	0.03	0.00991	0.09	0.0225	8.35	8.06	4.78	174	50.3	15.9	8.98	2.33	2.28
4370	0.0006	0.0145	0.0018	0.033	8.35	8.05	4.79	178	50.5	15.9	9.02	2.34	2.27
4375	0.01	0.0106	0.03	0.024	8.35	8.05	4.8	178	50.4	16	9	2.35	2.27
4380	0.0033	0.0061	0.0099	0.0139	8.35	8.04	4.8	178	50.3	16.1	8.99	2.37	2.27
4385	0.02	0.00673	0.06	0.0153	8.35	8.05	4.81	174	50.3	16.1	8.86	2.36	2.27
4390	0.01	0.0104	0.03	0.0235	8.35	8.06	4.82	175	50.3	16.1	8.82	2.33	2.27
4395	0.01	0.0119	0.03	0.0271	8.35	8.06	4.83	176	50.3	16.2	8.81	2.33	2.27
4400	0.01	0.00936	0.03	0.0212	8.35	8.05	4.83	175	50.2	16.3	8.78	2.33	2.27
4405	0.01	0.00944	0.03	0.0214	8.35	8.05	4.84	175	50.2	16.3	8.76	2.33	2.27
4410	0.0272	0.0111	0.0816	0.0251	8.35	8.07	4.85	171	49.9	16.3	8.62	2.3	2.27
4415	0	0.0132	0	0.03	8.35	8.06	4.86	174	50.1	16.4	8.68	2.31	2.27
4420	0.0212	0.0109	0.0636	0.0248	8.35	8.06	4.87	171	49.8	16.5	8.63	2.3	2.27
4425	0.0213	0.0183	0.0639	0.0416	8.34	8.07	4.88	171	49.8	16.6	8.61	2.28	2.27
4430	0	0.0117	0	0.0266	8.34	8.04	4.89	172	49.7	16.7	8.67	2.31	2.28
4435	0.03	0.0107	0.09	0.0244	8.34	8.06	4.89	169	49.4	16.7	8.57	2.28	2.28
4440	0	0.0129	0	0.0294	8.34	8.05	4.9	171	49.6	16.8	8.61	2.29	2.28
4445	0.0138	0.00847	0.0414	0.0193	8.34	8.05	4.9	169	49.4	16.8	8.57	2.3	2.28
4450	0.0088	0.00741	0.0264	0.0169	8.33	8.05	4.9	168	49.4	16.9	8.54	2.3	2.28
4455	0.0321	0.0165	0.0963	0.0375	8.33	8.07	4.91	167	49.2	16.8	8.51	2.25	2.28
4460	0	0.0153	0	0.0349	8.32	8.05	4.92	169	49.3	16.9	8.58	2.27	2.28
4465	0	0.00582	0	0.0133	8.32	8.04	4.91	170	49.2	17	8.66	2.3	2.29
4470	0.01	0.002	0.03	0.00457	8.32	8.04	4.91	167	49.1	16.9	8.6	2.3	2.29
4475	0.0203	0.0112	0.0609	0.0255	8.32	8.07	4.91	167	49.3	16.9	8.57	2.25	2.28
4480	0.0009	0.00904	0.0027	0.0206	8.32	8.06	4.91	167	49.3	16.9	8.59	2.26	2.28
4485	0.0146	0.00616	0.0438	0.0141	8.32	8.06	4.9	165	49.2	16.9	8.54	2.25	2.28
4490	0	0.00627	0	0.0143	8.31	8.06	4.9	167	49.3	16.8	8.59	2.26	2.28
4495	0.0172	0.00429	0.0516	0.00978	8.31	8.06	4.9	163	49.1	16.8	8.49	2.24	2.28
4500	0.0315	0.0131	0.0945	0.0298	8.31	8.09	4.9	161	48.9	16.7	8.39	2.19	2.27
4505	0.0064	0.018	0.0192	0.0409	8.31	8.07	4.91	163	49	16.8	8.44	2.19	2.27
4510	0.0016	0.0113	0.0048	0.0258	8.3	8.06	4.9	164	48.9	16.8	8.53	2.22	2.27
4515	0.0181	0.00613	0.0543	0.0185	8.3	8.06	4.9	163	48.7	16.8	8.51	2.22	2.27
4520	0.0148	0.0114	0.0438	0.0258	8.3	8.06	4.9	162	48.6	16.8	8.5	2.21	2.27
4525	0.0242	0.0111	0.0726	0.0252	8.29	8.06	4.9	158	48.3	16.8	8.39	2.2	2.27
4530	0.0275	0.0236	0.0825	0.0534	8.29	8.07	4.91	160	48.2	16.7	8.43	2.18	2.26
4535	0	0.0168	0	0.0381	8.28	8.05	4.91	162	48.3	16.8	8.54	2.21	2.27
4540	0.0003	0.00586	0.0009	0.0133	8.27	8.03	4.9	162	48.2	16.8	8.63	2.25	2.27
4545	0.0029	0.00198	0.0087	0.0045	8.27	8.03	4.89	161	48.2	16.8	8.67	2.27	2.28
4550	0.02	0.00231	0.06	0.00525	8.27	8.05	4.89	157	48.1	16.7	8.56	2.24	2.27
4555	0.0191	0.0138	0.0573	0.0313	8.27	8.07	4.89	159	48.3	16.6	8.57	2.19	2.26
4560	0	0.0107	0	0.0243	8.26	8.05	4.88	160	48.3	16.6	8.66	2.21	2.26
4565	0	0.00374	0	0.00845	8.25	8.04	4.88	160	48.2	16.6	8.75	2.23	2.26
4570	0	0.000872	0	0.00197	8.25	8.04	4.87	161	48.2	16.5	8.82	2.24	2.26
4575	0	0.000157	0	0.000353	8.24	8.05	4.86	161	48.4	16.4	8.88	2.23	2.26
4580	0	0.0141	1.38	0.0322	7.29	7.53	4.88	115	37.8	16.6	13		

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

4590	0	0.0156	0.00708	0.0359	7.36	7.51	4.86	123	40.5	16.5	18.4	3.12	2.3
4595	0	0.0139	0.00177	0.0321	7.57	7.52	4.85	132	40.6	16.5	17.7	3.17	2.31
4600	0	0.00881	0	0.0204	7.64	7.52	4.83	137	41	16.5	16.8	3.2	2.32
4605	0	0.00292	0	0.0068	7.69	7.54	4.82	140	41.2	16.4	15.9	3.21	2.32
4610	0	0.000665	0	0.00154	7.72	7.55	4.81	142	41.5	16.4	15.1	3.2	2.32
4615	0.0001	0.000117	0.0003	0.000271	7.74	7.56	4.81	143	41.7	16.3	14.4	3.18	2.32
4620	0	0.0000168	0	0.000038	7.76	7.58	4.8	143	41.9	16.2	13.7	3.15	2.31
4625	0	1.98E-06	0	3.73E-06	7.76	7.59	4.79	143	42.1	16.2	13.2	3.13	2.31
4630	0	1.81E-07	0	-3.8E-07	7.77	7.6	4.79	144	42.4	16.1	12.8	3.1	2.31
4635	0.005	0.000586	0.015	0.00135	7.87	7.62	4.78	149	42.6	16.1	12.5	3.07	2.3
4640	0.0076	0.00134	0.0228	0.00308	7.98	7.7	4.77	155	44	16	12	2.96	2.3
4645	0.0146	0.00659	0.0438	0.0151	8.08	7.77	4.77	161	44.8	15.9	11.5	2.79	2.3
4650	0.0001	0.00417	0.0003	0.00958	8.08	7.79	4.76	161	45.1	15.9	11.2	2.71	2.3
4655	0.0054	0.00204	0.0162	0.00469	8.13	7.81	4.75	163	45.4	15.9	10.8	2.65	2.3
4660	0.013	0.00273	0.039	0.00628	8.18	7.84	4.75	165	45.9	15.9	10.4	2.58	2.3
4665	0.0415	0.0158	0.125	0.0362	8.24	7.93	4.75	165	47.1	15.8	9.83	2.47	2.29
4670	0.0628	0.0334	0.188	0.0758	8.28	7.99	4.77	164	47.4	15.7	9.3	2.37	2.27
4675	0	0.0342	0	0.0778	8.28	7.95	4.78	170	47.8	15.8	9.27	2.41	2.27
4680	0	0.015	0	0.0343	8.28	7.92	4.78	171	47.7	16	9.28	2.48	2.29
4685	0.0764	0.0108	0.229	0.0246	8.32	8	4.78	156	47.4	16	8.51	2.37	2.29
4690	0.0438	0.0463	0.131	0.105	8.33	8.03	4.81	167	47.5	15.9	8.41	2.27	2.26
4695	0.0188	0.0453	0.0564	0.102	8.34	8	4.83	170	47.6	16.1	8.4	2.3	2.26
4700	0	0.0214	0	0.0488	8.34	7.96	4.83	171	47.6	16.3	8.46	2.38	2.28
4705	0.0003	0.00638	0.0009	0.0146	8.33	7.95	4.83	172	47.5	16.4	8.52	2.43	2.29
4710	0.0145	0.0058	0.0435	0.0133	8.34	7.99	4.83	170	47.9	16.4	8.43	2.4	2.29
4715	0.0062	0.00521	0.0186	0.0119	8.35	7.99	4.83	169	48	16.4	8.34	2.38	2.29
4720	0.0014	0.00388	0.0042	0.0089	8.34	8	4.82	170	48.2	16.4	8.32	2.36	2.29
4725	0.0006	0.00198	0.0018	0.00452	8.34	8.01	4.82	170	48.5	16.3	8.33	2.35	2.29
4730	0.0027	0.000934	0.0081	0.00214	8.35	8.02	4.82	170	48.7	16.3	8.3	2.32	2.29
4735	0.0001	0.000528	0.0003	0.00121	8.34	8.04	4.81	171	49	16.3	8.31	2.29	2.29
4740	0.0008	0.000228	0.0024	0.000521	8.34	8.06	4.81	171	49.4	16.2	8.3	2.25	2.28
4745	0.0024	0.000213	0.0072	0.000486	8.35	8.07	4.81	171	49.7	16.2	8.26	2.21	2.28
4750	0.0152	0.00227	0.0456	0.00516	8.36	8.1	4.81	169	49.7	16.2	8.11	2.16	2.28
4755	0.0311	0.0175	0.0933	0.0397	8.37	8.13	4.82	169	49.8	16.1	8	2.08	2.26
4760	0.0053	0.0159	0.0159	0.0361	8.37	8.1	4.83	170	49.7	16.2	7.96	2.09	2.26
4765	0.0059	0.00903	0.0177	0.0205	8.37	8.09	4.83	170	49.5	16.3	7.92	2.11	2.27
4770	0	0.00394	0	0.00895	8.37	8.08	4.83	170	49.4	16.4	7.92	2.14	2.27
4775	0	0.00111	0	0.00252	8.37	8.08	4.83	171	49.5	16.4	7.95	2.14	2.27
4780	0.0309	0.00237	0.0927	0.00536	8.38	8.11	4.83	163	49.4	16.3	7.7	2.09	2.27
4785	0.0079	0.0156	0.0237	0.0353	8.38	8.13	4.85	168	49.7	16.3	7.7	2.05	2.26
4790	0.0044	0.0111	0.0132	0.0251	8.38	8.11	4.85	168	49.5	16.4	7.7	2.07	2.27
4795	0.0203	0.0112	0.0609	0.0253	8.38	8.11	4.86	167	49.3	16.5	7.65	2.06	2.26
4800	0.0176	0.014	0.0528	0.0317	8.38	8.11	4.87	166	49.2	16.5	7.6	2.05	2.26
4805	0.0304	0.0153	0.0912	0.0346	8.38	8.11	4.88	162	48.8	16.6	7.48	2.03	2.26
4810	0.0082	0.018	0.0246	0.0408	8.37	8.1	4.89	164	48.8	16.7	7.49	2.05	2.27
4815	0	0.0116	0	0.0265	8.37	8.08	4.9	166	48.7	16.8	7.58	2.09	2.27
4820	0	0.00434	0	0.00988	8.36	8.07	4.89	167	48.6	16.8	7.67	2.13	2.28
4825	0	0.00108	0	0.00247	8.36	8.07	4.89	167	48.7	16.8	7.73	2.14	2.28
4830	0	0.000207	0	0.000471	8.35	8.08	4.88	167	48.9	16.7	7.78	2.13	2.28
4835	0.0063	0.000619	0.0189	0.00141	8.36	8.1	4.88	166	49.2	16.7	7.73	2.1	2.27
4840	0.0004	0.000922	0.0012	0.00209	8.36	8.11	4.87	166	49.5	16.6	7.73	2.07	2.27
4845	0	0.000321	0	0.000728	8.35	8.12	4.87	166	49.7	16.6	7.74	2.05	2.27
4850	0	0.0000684	0	0.000154	8.35	8.14	4.86	167	49.9	16.5	7.77	2.02	2.26
4855	0.001	0.000771	0.00477	0.00174	8.34	8.15	4.86	161	49.9	16.5	7.63	1.99	2.26
4860	0.0204	0.0196	10.2	0.046	7.52	7.64	4.9	132	43	16.8	12.4	2.55	2.32
4865	0	0.0231	0.00177	0.0548	7.75	7.64	4.89	146	42.7	16.8	14.1	2.95	2.36
4870	0	0.0134	0	0.0319	7.77	7.63	4.88	148	44.5	16.8	14.6	2.87	2.38
4875	0	0.0119	0.0111	0.0284	7.95	7.66	4.87	158	43.7	16.7	14	2.96	2.39
4880	0.0129	0.0164	0.0387	0.0392	8.03	7.68	4.88	163	44.4	16.7	13.4	3.01	2.39
4885	0.0181	0.0168	0.0543	0.0402	8.09	7.7	4.85	167	44.7	16.6	12.9	3.03	2.4
4890	0.0216	0.0163	0.0648	0.039	8.13	7.72	4.84	169	45	16.6	12.4	3.04	2.4
4895	0	0.0124	0	0.0298	8.12	7.73	4.84	170	45.7	16.6	12.4	3.05	2.41
4900	0.0002	0.00462	0.0006	0.0112	8.11	7.75	4.83	171	46	16.6	12.4	3.04	2.41
4905	0	0.0115	0.0111	0.0277	8.14	7.83	4.83	171	46.8	16.5	12.1	2.91	2.4
4910	0	0.0114	0	0.0274	8.12	7.81	4.82	170	46.9	16.5	12	2.9	2.4
4915	0	0.00419	0	0.0101	8.12	7.81	4.81	171	46.9	16.4	12.1	2.9	2.4
4920	0	0.00101	0	0.00242	8.11	7.83	4.8	171	47.3	16.4	12.1	2.87	2.4
4925	0.03	0.00843	0.09	0.0201	8.18	7.89	4.8	173	47.9	16.3	11.7	2.75	2.39
4930	0	0.00921	0	0.022	8.17	7.88	4.79	174	47.9	16.2	11.6	2.74	2.39
4935	0	0.00349	0	0.00832	8.17	7.87	4.78	175	47.9	16.2	11.6	2.75	2.39
4940	0	0.000845	0	0.00202	8.17	7.89	4.77	175	48.2	16.2	11.6	2.73	2.39
4945	0.0058	0.00128	0.0174	0.00305	8.19	7.91	4.77	176	48.6	16.1	11.5	2.69	2.38
4950	0	0.000591	0	0.00141	8.19	7.92	4.76	177	48.9	16.1	11.4	2.65	2.38
4955	0	0.0208	0.0444	0.0489	8.22	8	4.78	172	48.6	15.9	10.9	2.48	2.36
4960	0.0006	0.0236	0.0018	0.0553	8.21	7.95	4.78	174	48.6	16	10.9	2.5	2.35
4965	0	0.00963	0	0.0227	8.2	7.93	4.78	175	48.4	16.1	10.9	2.55	2.35
4970	0.0001	0.00251	0.0003	0.00592	8.19	7.93	4.77	175	48.4	16.1	10.9	2.57	2.36
4975	0	0.000497	0	0.00117	8.19	7.95	4.77	175	48.8	16	10.9	2.56	2.36
4980	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000188	8.18	7.97	4.76	175	49.2	16	10.9	2.52	2.35
4985	0	0.0000108	0	0.0000249	8.18	7.99	4.75	175	49.5	16	10.8	2.48	2.35
4990	0	0.0000012	0	2.41E-06	8.17	8	4.75	174	49.8	15.9	10.8	2.43	2.35
4995	0	1.02E-07	0	-1.41E-07	8.16	8.02	4.75	174	50.1	15.9	10.7	2.39	2.35
5000	0	4E-09	0	-3.3E-07	8.16	8.03	4.74	173	50.4	15.8	10.6	2.36	2.35
5005	0	-7.49E-10	0	-2.97E-07	8.15	8.05	4.74	172	50.6	15.8	10.5	2.32	2.34
5010	0	-7.42E-10	0	-2.54E-07	8.14	8.06	4.73	172	50.8	15.8	10.5	2.29	2.34
5015	0	-7.05E-10	0	-2.15E-07	8.14	8.07	4.73	171	51	15.7	10.4	2.26	2.34
5020	0	-6.98E-10	0	-1.81E-07	8.13	8.08	4.73	170	51.2	15.7	10.3	2.24	2.34
5025	0.0225	0.00233	0.0675	0.00544	8.26	8.09	4.73	176	51.1	15.7	10.2	2.2	2.34
5030	0.0014	0.00485	0.0042	0.0113	8.25	8.08	4.72	177	51.2	15.7	10.2	2.2	2.34
5035	0.0051	0.00273	0.0153	0.00638	8.27	8.08	4.72	178	51	15.6	10.1	2.21	2.34
5040	0.0085	0.00422	0.0255	0.00985	8.29	8.08	4.72	179	51	15.6	10	2.2	2.33
5045	0.0126	0.00552	0.0378	0.0129	8.31	8.08	4.72	178	50.9				

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

5055	0.0251	0.00968	0.0753	0.0229	8.33	8.09	4.73	179	50.8	15.6	9.66	2.18	2.32
5060	0.0162	0.0157	0.0486	0.0363	8.33	8.09	4.75	180	50.8	15.7	9.55	2.18	2.31
5065	0.0018	0.0107	0.0054	0.0248	8.33	8.07	4.75	181	50.7	15.8	9.55	2.22	2.31
5070	0.02	0.00918	0.06	0.0211	8.34	8.08	4.76	179	50.6	15.8	9.43	2.21	2.3
5075	0	0.00817	0	0.0188	8.34	8.07	4.76	180	50.7	15.8	9.45	2.23	2.3
5080	0.0086	0.0041	0.0258	0.00943	8.34	8.07	4.76	179	50.5	15.8	9.38	2.24	2.3
5085	0.0116	0.00748	0.0348	0.0172	8.34	8.09	4.77	178	50.7	15.8	9.31	2.23	2.29
5090	0.0123	0.0103	0.0369	0.0236	8.35	8.09	4.78	179	50.8	15.9	9.24	2.21	2.29
5095	0.03	0.00991	0.09	0.0226	8.35	8.1	4.79	173	50.3	15.9	9.02	2.18	2.28
5100	0.0006	0.0145	0.0018	0.0331	8.35	8.09	4.8	177	50.6	16	9.06	2.19	2.28
5105	0.01	0.0106	0.03	0.0241	8.35	8.08	4.81	177	50.4	16.1	9.03	2.21	2.28
5110	0.0033	0.0061	0.0099	0.0139	8.35	8.07	4.81	177	50.3	16.1	9.02	2.23	2.28
5115	0.02	0.00673	0.06	0.0153	8.35	8.09	4.82	173	50.3	16.1	8.89	2.21	2.28
5120	0.01	0.0104	0.03	0.0236	8.35	8.1	4.82	174	50.3	16.2	8.85	2.19	2.28
5125	0.01	0.0119	0.03	0.0272	8.35	8.09	4.84	175	50.4	16.2	8.84	2.19	2.28
5130	0.01	0.00936	0.03	0.0214	8.35	8.09	4.84	174	50.2	16.3	8.8	2.19	2.28
5135	0.01	0.00944	0.03	0.0215	8.35	8.09	4.85	174	50.2	16.4	8.77	2.19	2.28
5140	0.0272	0.0111	0.0816	0.0253	8.35	8.1	4.86	170	50	16.4	8.63	2.16	2.28
5145	0	0.0132	0	0.0302	8.35	8.09	4.87	173	50.1	16.5	8.69	2.17	2.28
5150	0.0212	0.0109	0.0636	0.0249	8.35	8.1	4.88	171	49.8	16.6	8.64	2.16	2.29
5155	0.0213	0.0183	0.0639	0.0419	8.35	8.1	4.89	171	49.8	16.6	8.62	2.15	2.29
5160	0	0.0117	0	0.0268	8.34	8.08	4.89	172	49.8	16.8	8.67	2.18	2.29
5165	0.03	0.0107	0.09	0.0246	8.34	8.1	4.9	168	49.4	16.8	8.57	2.15	2.29
5170	0	0.0129	0	0.0296	8.34	8.09	4.91	170	49.6	16.9	8.61	2.16	2.3
5175	0.0138	0.00847	0.0414	0.0195	8.34	8.08	4.91	168	49.4	16.9	8.57	2.16	2.3
5180	0.0088	0.00741	0.0264	0.0171	8.33	8.08	4.91	167	49.4	16.9	8.53	2.17	2.3
5185	0.0321	0.0185	0.0963	0.0378	8.33	8.11	4.92	167	49.2	16.9	8.5	2.12	2.3
5190	0	0.0153	0	0.0352	8.33	8.09	4.92	168	49.4	17	8.57	2.14	2.3
5195	0	0.00582	0	0.0134	8.32	8.07	4.92	169	49.2	17	8.64	2.17	2.31
5200	0.01	0.002	0.03	0.00462	8.32	8.07	4.91	166	49.1	17	8.58	2.18	2.31
5205	0.0203	0.0112	0.0609	0.0257	8.33	8.11	4.92	166	49.3	16.9	8.55	2.13	2.3
5210	0.0009	0.00904	0.0027	0.0208	8.32	8.09	4.91	167	49.4	17	8.57	2.14	2.3
5215	0.0146	0.00616	0.0438	0.0142	8.32	8.09	4.91	165	49.2	16.9	8.51	2.13	2.3
5220	0	0.00627	0	0.0144	8.32	8.09	4.91	166	49.3	16.9	8.56	2.13	2.3
5225	0.0172	0.00429	0.0516	0.00988	8.32	8.1	4.9	162	49.1	16.9	8.46	2.12	2.3
5230	0.0315	0.0131	0.0945	0.0301	8.31	8.12	4.91	160	48.9	16.8	8.36	2.07	2.29
5235	0.0084	0.018	0.0192	0.0414	8.31	8.11	4.91	163	49	16.8	8.41	2.07	2.29
5240	0.0016	0.0113	0.0048	0.026	8.31	8.09	4.91	164	48.9	16.9	8.49	2.1	2.3
5245	0.0181	0.00813	0.0543	0.0187	8.31	8.09	4.91	162	48.7	16.9	8.46	2.1	2.3
5250	0.0146	0.0114	0.0438	0.0261	8.3	8.09	4.91	162	48.7	16.8	8.45	2.09	2.3
5255	0.0242	0.0111	0.0726	0.0255	8.3	8.09	4.91	157	48.3	16.8	8.33	2.08	2.3
5260	0.0275	0.0236	0.0825	0.0541	8.3	8.1	4.92	180	48.2	16.8	8.36	2.06	2.29
5265	0	0.0188	0	0.0385	8.29	8.08	4.92	161	48.3	16.9	8.46	2.09	2.29
5270	0.0003	0.00586	0.0009	0.0135	8.28	8.06	4.91	162	48.1	16.9	8.54	2.14	2.3
5275	0.0029	0.00198	0.0087	0.00456	8.28	8.06	4.9	161	48.2	16.8	8.58	2.15	2.3
5280	0.02	0.00231	0.06	0.00532	8.28	8.08	4.9	157	48.1	16.7	8.47	2.13	2.3
5285	0.0191	0.0138	0.0573	0.0317	8.28	8.1	4.9	159	48.2	16.6	8.47	2.08	2.29
5290	0	0.0107	0	0.0246	8.27	8.08	4.89	160	48.3	16.6	8.55	2.09	2.29
5295	0	0.00374	0	0.00856	8.27	8.07	4.88	160	48.1	16.6	8.63	2.12	2.29
5300	0	0.000872	0	0.002	8.26	8.07	4.88	161	48.2	16.6	8.7	2.13	2.29
5305	0	0.000157	0	0.000358	8.26	8.08	4.87	161	48.4	16.5	8.75	2.12	2.29
5310	0	0.0141	1.38	0.0327	7.22	7.62	4.89	116	40.6	16.6	14	2.6	2.31
5315	0	0.0177	0	0.0412	7.25	7.49	4.88	119	39.9	16.6	16.9	2.94	2.32
5320	0	0.0156	0.00708	0.0364	7.39	7.51	4.87	124	40.3	16.6	18.2	3.08	2.33
5325	0	0.0139	0.00177	0.0325	7.58	7.52	4.85	133	40.5	16.5	17.7	3.15	2.34
5330	0	0.00881	0	0.0207	7.65	7.53	4.84	137	40.9	16.5	16.9	3.18	2.35
5335	0	0.00292	0	0.00688	7.69	7.53	4.83	140	41.1	16.5	16	3.19	2.35
5340	0	0.000665	0	0.00156	7.72	7.54	4.82	141	41.3	16.4	15.2	3.18	2.35
5345	0.0001	0.000117	0.0003	0.000274	7.74	7.56	4.81	142	41.5	16.3	14.5	3.16	2.35
5350	0	0.0000168	0	0.0000385	7.75	7.57	4.81	143	41.7	16.3	13.9	3.14	2.34
5355	0	1.98E-06	0	3.79E-06	7.76	7.58	4.8	143	41.9	16.2	13.4	3.12	2.34
5360	0	1.81E-07	0	-3.71E-07	7.76	7.59	4.79	143	42	16.2	12.9	3.1	2.34
5365	0.005	0.000586	0.015	0.00137	7.87	7.6	4.79	149	42.2	16.1	12.6	3.08	2.33
5370	0.0076	0.00134	0.0228	0.00313	7.98	7.67	4.78	154	43.4	16.1	12.2	2.98	2.33
5375	0.0146	0.00659	0.0438	0.0153	8.07	7.76	4.77	160	44.5	16	11.7	2.81	2.33
5380	0.0001	0.00417	0.0003	0.00971	8.07	7.77	4.77	161	44.8	16	11.4	2.72	2.33
5385	0.0054	0.00204	0.0162	0.00475	8.12	7.8	4.76	162	45.1	15.9	11	2.65	2.33
5390	0.013	0.00273	0.039	0.00636	8.17	7.83	4.76	164	45.6	15.9	10.5	2.58	2.33
5395	0.0415	0.0158	0.125	0.0367	8.23	7.93	4.76	165	46.9	15.8	10	2.46	2.32
5400	0.0628	0.0334	0.188	0.0768	8.27	7.99	4.78	163	47.3	15.7	9.47	2.34	2.31
5405	0	0.0342	0	0.0789	8.27	7.97	4.79	170	47.9	15.9	9.43	2.37	2.31
5410	0	0.015	0	0.0348	8.27	7.94	4.79	171	47.8	16	9.44	2.43	2.32
5415	0.0764	0.0108	0.229	0.0249	8.31	8.01	4.79	156	47.4	16	8.66	2.32	2.32
5420	0.0438	0.0463	0.131	0.106	8.33	8.05	4.82	166	47.6	15.9	8.56	2.22	2.3
5425	0.0188	0.0453	0.0564	0.104	8.34	8.02	4.84	170	47.8	16.1	8.54	2.25	2.3
5430	0	0.0214	0	0.0495	8.33	7.98	4.84	171	47.7	16.4	8.6	2.32	2.31
5435	0.0003	0.00638	0.0009	0.0149	8.33	7.97	4.84	171	47.6	16.4	8.65	2.37	2.32
5440	0.0145	0.0058	0.0435	0.0135	8.34	8	4.84	170	47.9	16.4	8.55	2.35	2.33
5445	0.0062	0.00521	0.0186	0.0121	8.34	8	4.84	169	48.1	16.4	8.46	2.33	2.33
5450	0.0014	0.00388	0.0042	0.00903	8.34	8.01	4.84	169	48.3	16.4	8.45	2.32	2.33
5455	0.0006	0.00198	0.0018	0.0046	8.34	8.02	4.83	170	48.5	16.4	8.45	2.3	2.33
5460	0.0027	0.000934	0.0081	0.00217	8.34	8.03	4.83	170	48.7	16.3	8.42	2.27	2.32
5465	0.0001	0.000528	0.0003	0.00122	8.34	8.05	4.82	170	49.1	16.3	8.43	2.24	2.32
5470	0.0008	0.000228	0.0024	0.000529	8.34	8.07	4.82	171	49.4	16.3	8.42	2.2	2.32
5475	0.0024	0.000213	0.0072	0.000494	8.34	8.08	4.82	170	49.7	16.3	8.38	2.17	2.32
5480	0.0152	0.00227	0.0456	0.00524	8.35	8.11	4.82	168	49.8	16.2	8.23	2.11	2.31
5485	0.0311	0.0175	0.0933	0.0403	8.36	8.14	4.83	169	49.8	16.2	8.12	2.03	2.3
5490	0.0053	0.0159	0.0159	0.0367	8.37	8.12	4.84	170	49.8	16.3	8.08	2.03	2.3
5495	0.0059	0.00903	0.0177	0.0208	8.37	8.11	4.85	169	49.7	16.4	8.03	2.05	2.31
5500	0	0.00394	0	0.0091	8.37	8.1	4.85	170	49.8	16.4	8.03	2.07	2.31
5505	0	0.00111	0	0.00256	8.36	8.1	4.84	170	49.7	16.4	8.06	2.08	2.31
5510	0.0309	0.00237	0.0927	0.00545									

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

5520	0.0044	0.0111	0.0132	0.0255	8.37	8.13	4.86	168	49.7	16.5	7.8	2.01	2.3
5525	0.0203	0.0112	0.0609	0.0258	8.38	8.13	4.87	167	49.5	16.5	7.75	2	2.3
5530	0.0176	0.014	0.0528	0.0323	8.38	8.13	4.88	166	49.3	16.6	7.7	1.99	2.3
5535	0.0304	0.0153	0.0912	0.0352	8.37	8.13	4.9	162	48.9	16.7	7.58	1.98	2.3
5540	0.0082	0.018	0.0246	0.0416	8.37	8.12	4.91	164	48.9	16.8	7.59	1.99	2.31
5545	0	0.0116	0	0.0269	8.36	8.1	4.91	166	48.8	16.9	7.88	2.03	2.31
5550	0	0.00434	0	0.0101	8.36	8.08	4.91	166	48.7	16.9	7.76	2.07	2.32
5555	0	0.00108	0	0.00251	8.36	8.09	4.9	167	48.8	16.9	7.82	2.09	2.32
5560	0	0.000207	0	0.000479	8.35	8.1	4.9	167	49	16.8	7.87	2.08	2.32
5565	0.0063	0.000619	0.0189	0.00143	8.36	8.11	4.89	165	49.2	16.7	7.82	2.05	2.32
5570	0.0004	0.000922	0.0012	0.00213	8.35	8.12	4.89	166	49.5	16.7	7.82	2.03	2.31
5575	0	0.000321	0	0.000742	8.35	8.14	4.88	166	49.7	16.6	7.84	2.01	2.31
5580	0	0.0000684	0	0.000157	8.35	8.15	4.88	166	49.9	16.6	7.86	1.98	2.31
5585	0.001	0.000771	0.00477	0.00177	8.34	8.16	4.87	161	49.9	16.5	7.72	1.94	2.3
5590	0.0204	0.0196	10.2	0.0468	7.52	7.66	4.91	132	43.2	16.8	12.6	2.51	2.37
5595	0	0.0231	0.00177	0.0558	7.75	7.65	4.91	146	43.6	16.8	14.3	2.8	2.4
5600	0	0.0134	0	0.0325	7.76	7.65	4.89	148	44	16.9	14.8	2.95	2.42
5605	0	0.0119	0.0111	0.029	7.95	7.65	4.88	157	43.5	16.8	14.2	3	2.43
5610	0.0129	0.0164	0.0387	0.0399	8.03	7.67	4.87	163	44.1	16.7	13.6	3.03	2.44
5615	0.0181	0.0168	0.0543	0.041	8.09	7.69	4.86	167	44.4	16.7	13	3.04	2.44
5620	0.0216	0.0163	0.0648	0.0398	8.13	7.72	4.85	169	45	16.6	12.5	3.03	2.45
5625	0	0.0124	0	0.0304	8.12	7.74	4.85	170	45.7	16.6	12.5	3.01	2.45
5630	0.0002	0.00462	0.0006	0.0114	8.11	7.75	4.83	171	45.9	16.6	12.5	3	2.46
5635	0	0.0115	0.0111	0.0282	8.14	7.83	4.83	169	46.6	16.5	12.2	2.88	2.45
5640	0	0.0114	0	0.028	8.12	7.81	4.83	170	46.7	16.5	12.2	2.87	2.45
5645	0	0.00419	0	0.0103	8.12	7.81	4.82	170	46.8	16.5	12.2	2.87	2.45
5650	0	0.00101	0	0.00246	8.11	7.83	4.81	171	47.1	16.4	12.2	2.85	2.45
5655	0.03	0.00843	0.09	0.0205	8.18	7.89	4.81	172	47.8	16.3	11.8	2.73	2.44
5660	0	0.00921	0	0.0224	8.17	7.87	4.8	173	47.7	16.3	11.7	2.72	2.44
5665	0	0.00349	0	0.00849	8.17	7.87	4.79	174	47.7	16.2	11.8	2.73	2.43
5670	0	0.000845	0	0.00205	8.16	7.88	4.78	175	48	16.2	11.8	2.71	2.43
5675	0.0058	0.00128	0.0174	0.00311	8.19	7.91	4.78	176	48.4	16.1	11.6	2.67	2.43
5680	0	0.000591	0	0.00143	8.19	7.93	4.77	176	48.8	16.1	11.5	2.62	2.43
5685	0	0.0208	0.0444	0.0499	8.22	8.01	4.79	171	48.6	15.9	11	2.45	2.4
5690	0.0006	0.0236	0.0018	0.0584	8.21	7.97	4.79	174	48.8	16	11	2.44	2.39
5695	0	0.00963	0	0.0231	8.2	7.95	4.79	174	48.6	16.1	11	2.48	2.4
5700	0.0001	0.00251	0.0003	0.00604	8.19	7.95	4.78	175	48.6	16.1	11	2.51	2.4
5705	0	0.000497	0	0.00119	8.19	7.96	4.78	175	48.9	16.1	11	2.49	2.4
5710	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000192	8.18	7.98	4.77	175	49.3	16	10.9	2.46	2.4
5715	0	0.0000108	0	0.0000254	8.18	8	4.77	174	49.6	16	10.9	2.41	2.4
5720	0	0.0000012	0	2.44E-08	8.17	8.02	4.76	174	50	15.9	10.8	2.37	2.4
5725	0	1.02E-07	0	-1.65E-07	8.16	8.04	4.76	173	50.3	15.9	10.8	2.33	2.39
5730	0	4E-09	0	-3.6E-07	8.16	8.06	4.75	173	50.6	15.9	10.7	2.29	2.39
5735	0	-7.49E-10	0	-3.26E-07	8.15	8.07	4.75	172	50.9	15.8	10.6	2.25	2.39
5740	0	-7.42E-10	0	-2.84E-07	8.15	8.08	4.75	172	51.1	15.8	10.5	2.21	2.39
5745	0	-7.05E-10	0	-2.44E-07	8.14	8.1	4.74	171	51.3	15.8	10.4	2.18	2.39
5750	0	-6.98E-10	0	-2.09E-07	8.13	8.11	4.74	170	51.5	15.8	10.4	2.15	2.39
5755	0.0225	0.00233	0.0675	0.00554	8.26	8.12	4.74	176	51.4	15.7	10.3	2.12	2.38
5760	0.0014	0.00485	0.0042	0.0115	8.25	8.12	4.74	177	51.6	15.7	10.2	2.11	2.38
5765	0.0051	0.00273	0.0153	0.0065	8.27	8.11	4.73	178	51.4	15.7	10.2	2.1	2.38
5770	0.0085	0.00422	0.0255	0.01	8.29	8.11	4.73	179	51.4	15.7	10.1	2.11	2.38
5775	0.0126	0.00552	0.0378	0.0131	8.31	8.11	4.74	178	51.3	15.7	9.91	2.11	2.37
5780	0.0033	0.00698	0.0099	0.0165	8.31	8.11	4.74	180	51.3	15.7	9.87	2.11	2.37
5785	0.0251	0.00888	0.0753	0.0233	8.33	8.12	4.75	179	51.1	15.7	9.7	2.1	2.36
5790	0.0162	0.0157	0.0486	0.037	8.34	8.12	4.76	179	51.1	15.7	9.59	2.1	2.35
5795	0.0018	0.0107	0.0054	0.0252	8.33	8.1	4.77	180	51	15.8	9.58	2.14	2.35
5800	0.02	0.00918	0.06	0.0215	8.34	8.11	4.78	179	50.8	15.8	9.47	2.14	2.35
5805	0	0.00817	0	0.0192	8.34	8.09	4.78	180	50.9	15.9	9.49	2.16	2.35
5810	0.0086	0.0041	0.0258	0.00962	8.34	8.09	4.78	179	50.7	15.9	9.42	2.18	2.34
5815	0.0116	0.00748	0.0348	0.0175	8.35	8.1	4.79	178	50.8	15.9	9.34	2.17	2.34
5820	0.0123	0.0103	0.0369	0.0241	8.35	8.1	4.8	179	50.8	15.9	9.28	2.16	2.34
5825	0.03	0.00991	0.09	0.0231	8.35	8.11	4.8	173	50.4	16	9.06	2.13	2.33
5830	0.0006	0.0145	0.0018	0.0339	8.35	8.1	4.82	177	50.6	16	9.11	2.14	2.33
5835	0.01	0.0106	0.03	0.0246	8.35	8.09	4.82	177	50.4	16.1	9.08	2.16	2.33
5840	0.0033	0.0061	0.0099	0.0142	8.35	8.08	4.83	176	50.3	16.2	9.07	2.19	2.33
5845	0.02	0.00673	0.06	0.0157	8.35	8.1	4.83	173	50.2	16.2	8.93	2.17	2.33
5850	0.01	0.0104	0.03	0.0241	8.35	8.1	4.84	174	50.3	16.2	8.89	2.15	2.33
5855	0.01	0.0119	0.03	0.0278	8.35	8.1	4.85	175	50.3	16.3	8.88	2.15	2.33
5860	0.01	0.00936	0.03	0.0218	8.35	8.09	4.86	174	50.1	16.4	8.85	2.16	2.33
5865	0.01	0.00944	0.03	0.022	8.35	8.09	4.87	174	50.1	16.4	8.82	2.16	2.33
5870	0.0272	0.0111	0.0816	0.0259	8.35	8.11	4.88	170	49.8	16.5	8.68	2.14	2.33
5875	0	0.0132	0	0.0309	8.35	8.1	4.89	173	50	16.6	8.73	2.15	2.34
5880	0.0212	0.0109	0.0636	0.0255	8.35	8.1	4.9	171	49.7	16.7	8.69	2.14	2.34
5885	0.0213	0.0183	0.0639	0.0428	8.35	8.11	4.91	171	49.7	16.7	8.66	2.12	2.34
5890	0	0.0117	0	0.0274	8.34	8.08	4.91	171	49.6	16.9	8.71	2.15	2.35
5895	0.03	0.0107	0.09	0.0252	8.34	8.1	4.92	168	49.3	16.9	8.61	2.13	2.35
5900	0	0.0129	0	0.0303	8.34	8.09	4.92	170	49.5	16.9	8.65	2.14	2.35
5905	0.0136	0.00847	0.0414	0.02	8.34	8.09	4.93	168	49.3	17	8.61	2.14	2.35
5910	0.0088	0.00741	0.0264	0.0175	8.34	8.08	4.93	167	49.2	17	8.57	2.15	2.36
5915	0.0321	0.0165	0.0963	0.0387	8.33	8.11	4.94	166	49	17	8.54	2.1	2.35
5920	0	0.0153	0	0.0381	8.33	8.09	4.94	168	49.2	17.1	8.61	2.12	2.35
5925	0	0.00582	0	0.0138	8.32	8.07	4.94	169	49	17.1	8.68	2.15	2.36
5930	0.01	0.002	0.03	0.00473	8.33	8.07	4.93	166	48.9	17.1	8.62	2.16	2.36
5935	0.0203	0.0112	0.0609	0.0263	8.33	8.11	4.93	166	49.2	17	8.59	2.11	2.36
5940	0.0009	0.00904	0.0027	0.0213	8.32	8.09	4.93	167	49.2	17	8.61	2.11	2.36
5945	0.0146	0.00616	0.0438	0.0145	8.32	8.09	4.93	165	49	17	8.55	2.11	2.36
5950	0	0.00627	0	0.0148	8.32	8.09	4.92	166	49.1	17	8.6	2.11	2.36
5955	0.0172	0.00429	0.0516	0.0101	8.32	8.1	4.92	162	48.9	16.9	8.49	2.1	2.36
5960	0.0315	0.0131	0.0945	0.0308	8.32	8.12	4.92	160	48.7	16.8	8.39	2.05	2.35
5965	0.0064	0.018	0.0192	0.0424	8.31	8.11	4.93	163	48.8	16.9	8.43	2.05	2.35
5970	0.0016	0.0113	0.0048	0.0267	8.31	8.09	4.93	164	48.7	17	8.52	2.08	2.35
5975	0.0181	0.00813	0.0543	0.0191	8.31	8.09	4.92	162	48.5	16.9	8.49	2.08	2.35

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

5985	0.0242	0.0111	0.0726	0.0261	8.3	8.09	4.92	157	48.2	16.9	8.34	2.06	2.35
5990	0.0275	0.0236	0.0825	0.0553	8.3	8.11	4.93	160	48.1	16.8	8.37	2.04	2.34
5995	0	0.0168	0	0.0394	8.29	8.08	4.93	161	48.1	16.9	8.46	2.07	2.35
6000	0.0003	0.00586	0.0009	0.0138	8.29	8.06	4.93	162	47.9	17	8.54	2.11	2.36
6005	0.0029	0.00198	0.0087	0.00486	8.29	8.06	4.92	161	48	16.9	8.58	2.13	2.36
6010	0.02	0.00231	0.06	0.00544	8.29	8.08	4.91	157	47.9	16.8	8.47	2.1	2.35
6015	0.0191	0.0138	0.0573	0.0324	8.29	8.1	4.91	159	48.1	16.7	8.47	2.06	2.34
6020	0	0.0107	0	0.0252	8.28	8.08	4.91	160	48.1	16.7	8.54	2.07	2.34
6025	0	0.00374	0	0.00876	8.27	8.07	4.9	160	48	16.7	8.62	2.09	2.35
6030	0	0.000872	0	0.00204	8.27	8.07	4.89	161	48	16.6	8.69	2.1	2.34
6035	0	0.000157	0	0.000367	8.26	8.08	4.88	161	48.2	16.6	8.73	2.09	2.34
6040	0	0.0141	1.38	0.0335	7.33	7.55	4.9	117	38.7	16.7	13.1	2.56	2.36
6045	0	0.0177	0	0.0422	7.26	7.54	4.89	117	40.9	16.7	16.9	2.89	2.38
6050	0	0.0156	0.00708	0.0372	7.39	7.54	4.88	124	40.7	16.6	18.3	3.03	2.39
6055	0	0.0139	0.00177	0.0333	7.48	7.54	4.87	128	40.8	16.6	18.7	3.1	2.4
6060	0	0.00881	0	0.0212	7.58	7.55	4.85	134	41.2	16.5	18	3.13	2.4
6065	0	0.00292	0	0.00704	7.64	7.55	4.84	137	41.3	16.5	17	3.15	2.41
6070	0	0.000665	0	0.0016	7.68	7.56	4.83	140	41.5	16.4	16.1	3.14	2.41
6075	0.0001	0.000117	0.0003	0.000281	7.71	7.57	4.83	141	41.6	16.4	15.3	3.13	2.4
6080	0	0.0000168	0	0.0000394	7.73	7.58	4.82	142	41.7	16.3	14.6	3.12	2.4
6085	0	1.98E-06	0	3.88E-06	7.73	7.59	4.81	142	41.9	16.3	14	3.1	2.39
6090	0	1.81E-07	0	-3.84E-07	7.74	7.59	4.81	142	42	16.2	13.5	3.08	2.39
6095	0.005	0.000586	0.015	0.0014	7.85	7.6	4.8	148	42.2	16.1	13.1	3.07	2.39
6100	0.0076	0.00134	0.0228	0.0032	7.96	7.66	4.79	153	43.1	16.1	12.6	2.99	2.38
6105	0.0146	0.00659	0.0438	0.0157	8.08	7.75	4.79	159	44.2	16	12	2.82	2.38
6110	0.0001	0.00417	0.0003	0.00993	8.06	7.77	4.78	160	44.6	16	11.7	2.74	2.38
6115	0.0054	0.00204	0.0162	0.00486	8.11	7.79	4.77	162	44.9	16	11.3	2.67	2.38
6120	0.013	0.00273	0.039	0.0065	8.16	7.83	4.77	163	45.5	15.9	10.8	2.59	2.38
6125	0.0415	0.0058	0.125	0.0375	8.22	7.93	4.77	164	46.8	15.8	10.2	2.48	2.37
6130	0.0628	0.0334	0.188	0.0785	8.26	7.99	4.79	162	47.2	15.7	9.67	2.34	2.36
6135	0	0.0342	0	0.0806	8.26	7.96	4.8	169	47.7	15.9	9.62	2.37	2.36
6140	0	0.015	0	0.0356	8.26	7.93	4.8	170	47.6	16.1	9.63	2.43	2.37
6145	0.0764	0.0108	0.229	0.0255	8.3	8.01	4.81	155	47.2	16	8.83	2.32	2.37
6150	0.0438	0.0463	0.131	0.108	8.32	8.04	4.84	166	47.4	15.9	8.72	2.22	2.35
6155	0.0188	0.0453	0.0564	0.106	8.33	8.01	4.86	169	47.6	16.1	8.7	2.25	2.35
6160	0	0.0214	0	0.0507	8.32	7.97	4.86	170	47.5	16.4	8.76	2.32	2.36
6165	0.0003	0.00638	0.0009	0.0152	8.32	7.96	4.86	170	47.4	16.5	8.81	2.37	2.38
6170	0.0145	0.0058	0.0435	0.0138	8.33	7.99	4.86	169	47.8	16.5	8.71	2.35	2.38
6175	0.0062	0.00521	0.0186	0.0124	8.33	8	4.85	168	47.9	16.5	8.62	2.33	2.38
6180	0.0014	0.00388	0.0042	0.00924	8.33	8.01	4.85	169	48.1	16.4	8.6	2.31	2.38
6185	0.0006	0.00198	0.0018	0.0047	8.33	8.01	4.85	169	48.3	16.4	8.61	2.3	2.38
6190	0.0027	0.000934	0.0081	0.00222	8.33	8.03	4.85	169	48.5	16.4	8.57	2.27	2.38
6195	0.0001	0.000528	0.0003	0.00125	8.33	8.05	4.84	170	48.9	16.4	8.58	2.24	2.37
6200	0.0008	0.000228	0.0024	0.000541	8.33	8.08	4.84	170	49.2	16.3	8.57	2.2	2.37
6205	0.0024	0.000213	0.0072	0.000505	8.33	8.08	4.84	170	49.5	16.3	8.53	2.17	2.37
6210	0.0152	0.00227	0.0456	0.00536	8.35	8.1	4.83	168	49.6	16.3	8.38	2.11	2.36
6215	0.0311	0.0175	0.0933	0.0412	8.36	8.14	4.85	168	49.6	16.2	8.26	2.03	2.35
6220	0.0053	0.0159	0.0159	0.0375	8.36	8.12	4.86	169	49.6	16.4	8.22	2.03	2.35
6225	0.0059	0.00903	0.0177	0.0213	8.36	8.1	4.86	169	49.4	16.4	8.17	2.05	2.36
6230	0	0.00394	0	0.00931	8.36	8.09	4.86	169	49.4	16.5	8.17	2.08	2.36
6235	0	0.00111	0	0.00262	8.36	8.1	4.86	170	49.4	16.5	8.2	2.09	2.36
6240	0.0309	0.00237	0.0927	0.00558	8.36	8.13	4.86	162	49.3	16.4	7.94	2.03	2.36
6245	0.0079	0.0156	0.0237	0.0368	8.37	8.14	4.88	168	49.6	16.4	7.95	1.99	2.36
6250	0.0044	0.0111	0.0132	0.0261	8.37	8.12	4.88	167	49.5	16.5	7.94	2.01	2.36
6255	0.0203	0.0112	0.0609	0.0264	8.37	8.13	4.89	166	49.3	16.6	7.89	2	2.36
6260	0.0176	0.014	0.0528	0.033	8.37	8.13	4.9	165	49.1	16.7	7.84	1.99	2.36
6265	0.0304	0.0153	0.0912	0.0361	8.37	8.13	4.91	161	48.7	16.7	7.71	1.98	2.36
6270	0.0082	0.018	0.0246	0.0425	8.36	8.12	4.93	163	48.8	16.8	7.72	1.99	2.36
6275	0	0.0116	0	0.0276	8.36	8.1	4.93	165	48.7	16.9	7.81	2.03	2.37
6280	0	0.00434	0	0.0103	8.35	8.08	4.93	166	48.5	17	7.88	2.07	2.37
6285	0	0.00108	0	0.00257	8.35	8.08	4.92	166	48.6	16.9	7.94	2.08	2.37
6290	0	0.000207	0	0.000491	8.34	8.09	4.91	167	48.8	16.9	7.99	2.07	2.37
6295	0.0063	0.000619	0.0189	0.00147	8.35	8.11	4.91	165	49.1	16.8	7.95	2.05	2.37
6300	0.0004	0.000922	0.0012	0.00218	8.35	8.12	4.9	165	49.3	16.8	7.94	2.03	2.37
6305	0	0.000321	0	0.000759	8.34	8.13	4.9	166	49.5	16.7	7.96	2	2.36
6310	0	0.0000684	0	0.000161	8.34	8.14	4.89	166	49.7	16.7	7.98	1.98	2.36
6315	0.001	0.000771	0.00477	0.00182	8.33	8.16	4.89	160	49.7	16.6	7.84	1.94	2.36
6320	0.0204	0.0196	10.2	0.0479	7.5	7.65	4.93	131	43.1	16.9	12.8	2.51	2.42
6325	0	0.0231	0.00177	0.057	7.75	7.65	4.92	146	42.7	16.9	14.5	2.9	2.45
6330	0	0.0134	0	0.0333	7.76	7.63	4.91	147	44.3	16.9	15	2.84	2.48
6335	0	0.0119	0.0111	0.0296	7.95	7.66	4.9	157	43.4	16.8	14.4	2.95	2.49
6340	0.0129	0.0164	0.0387	0.0408	8.03	7.67	4.89	163	43.9	16.7	13.7	3	2.49
6345	0.0181	0.0168	0.0543	0.0419	8.09	7.68	4.88	167	44.3	16.7	13.1	3.03	2.5
6350	0.0216	0.0163	0.0648	0.0407	8.13	7.74	4.87	169	45.4	16.6	12.7	3.01	2.5
6355	0	0.0124	0	0.031	8.12	7.75	4.86	170	45.7	16.7	12.6	2.99	2.5
6360	0.0002	0.00462	0.0006	0.0116	8.11	7.75	4.85	171	45.9	16.6	12.6	2.98	2.51
6365	0	0.0115	0.0111	0.0288	8.14	7.83	4.85	169	46.6	16.5	12.3	2.86	2.5
6370	0	0.0114	0	0.0286	8.12	7.81	4.84	170	46.7	16.5	12.3	2.85	2.5
6375	0	0.00419	0	0.0105	8.11	7.81	4.83	170	46.7	16.5	12.3	2.86	2.5
6380	0	0.00101	0	0.00252	8.11	7.83	4.82	171	47.1	16.4	12.3	2.83	2.5
6385	0.03	0.00843	0.09	0.021	8.18	7.9	4.82	172	47.7	16.3	11.9	2.72	2.49
6390	0	0.00921	0	0.0229	8.17	7.88	4.82	173	47.7	16.3	11.8	2.71	2.49
6395	0	0.00349	0	0.00866	8.16	7.87	4.81	174	47.7	16.3	11.9	2.72	2.49
6400	0	0.000645	0	0.0021	8.16	7.89	4.8	175	48	16.2	11.9	2.69	2.48
6405	0.0058	0.00128	0.0174	0.00318	8.19	7.91	4.79	175	48.4	16.2	11.7	2.65	2.48
6410	0	0.000591	0	0.00146	8.19	7.93	4.79	176	48.8	16.1	11.6	2.61	2.48
6415	0	0.0208	0.0444	0.0509	8.21	8.01	4.8	171	48.6	16	11.1	2.43	2.45
6420	0.0006	0.0236	0.0018	0.0576	8.21	7.98	4.81	174	48.7	16.1	11.1	2.43	2.45
6425	0	0.00963	0	0.0236	8.2	7.95	4.8	174	48.5	16.1	11.1	2.47	2.45
6430	0.0001	0.00251	0.0003	0.00617	8.19	7.95	4.8	174	48.5	16.1	11.1	2.5	2.45
6435	0	0.000497	0	0.00122	8.19	7.96	4.79	175	48.8	16.1	11.1	2.48	2.45
6440	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000198	8.18	7.98	4.79	175	49.2	16.1	11.1		

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

6450	0	0.0000012	0	2.44E-06	8.17	8.02	4.78	174	49.9	16	10.9	2.36	2.45
6455	0	1.02E-07	0	-2.16E-07	8.16	8.04	4.77	173	50.2	16	10.9	2.32	2.44
6460	0	4E-09	0	-4.15E-07	8.16	8.05	4.77	173	50.5	15.9	10.8	2.28	2.44
6465	0	-7.49E-10	0	-3.81E-07	8.15	8.07	4.77	172	50.8	15.9	10.7	2.24	2.44
6470	0	-7.42E-10	0	-3.37E-07	8.14	8.08	4.76	171	51	15.9	10.6	2.21	2.44
6475	0	-7.05E-10	0	-2.95E-07	8.14	8.09	4.76	171	51.2	15.8	10.5	2.18	2.44
6480	0	-6.98E-10	0	-2.58E-07	8.13	8.11	4.76	170	51.4	15.8	10.5	2.15	2.43
6485	0.0225	0.00233	0.0675	0.00565	8.26	8.12	4.76	176	51.3	15.8	10.4	2.11	2.43
6490	0.0014	0.00485	0.0042	0.0118	8.25	8.12	4.75	177	51.4	15.7	10.3	2.11	2.43
6495	0.0051	0.00273	0.0153	0.00663	8.27	8.11	4.75	177	51.3	15.7	10.3	2.11	2.43
6500	0.0085	0.00422	0.0255	0.0102	8.29	8.11	4.75	179	51.3	15.7	10.2	2.11	2.43
6505	0.0126	0.00552	0.0378	0.0134	8.31	8.11	4.75	178	51.2	15.7	10	2.11	2.42
6510	0.0033	0.00698	0.0099	0.0169	8.31	8.11	4.76	180	51.2	15.7	9.97	2.11	2.42
6515	0.0251	0.00988	0.0753	0.0238	8.33	8.12	4.77	179	51	15.7	9.79	2.09	2.41
6520	0.0162	0.0157	0.0486	0.0378	8.33	8.12	4.78	179	51	15.8	9.68	2.1	2.4
6525	0.0018	0.0107	0.0054	0.0258	8.33	8.1	4.79	180	50.9	15.9	9.68	2.13	2.4
6530	0.02	0.00918	0.06	0.022	8.34	8.1	4.79	179	50.7	15.9	9.56	2.13	2.4
6535	0	0.00817	0	0.0196	8.34	8.09	4.8	180	50.8	15.9	9.58	2.16	2.4
6540	0.0086	0.0041	0.0258	0.00983	8.34	8.09	4.8	178	50.6	16	9.51	2.17	2.4
6545	0.0116	0.00748	0.0348	0.0179	8.34	8.1	4.81	178	50.7	16	9.43	2.16	2.39
6550	0.0123	0.0103	0.0369	0.0246	8.35	8.1	4.82	178	50.8	16	9.37	2.15	2.39
6555	0.03	0.00991	0.09	0.0236	8.35	8.11	4.82	173	50.3	16	9.14	2.13	2.38
6560	0.0006	0.0145	0.0018	0.0346	8.35	8.1	4.84	177	50.5	16.1	9.19	2.14	2.38
6565	0.01	0.0106	0.03	0.0252	8.35	8.09	4.84	177	50.4	16.2	9.16	2.15	2.38
6570	0.0033	0.0061	0.0099	0.0146	8.35	8.08	4.85	176	50.3	16.3	9.14	2.18	2.39
6575	0.02	0.00673	0.06	0.016	8.35	8.1	4.85	173	50.2	16.3	9.01	2.16	2.39
6580	0.01	0.0104	0.03	0.0247	8.35	8.1	4.86	174	50.2	16.3	8.96	2.14	2.38
6585	0.01	0.0119	0.03	0.0285	8.35	8.1	4.87	175	50.2	16.4	8.95	2.14	2.38
6590	0.01	0.00936	0.03	0.0224	8.35	8.09	4.88	174	50.1	16.5	8.92	2.15	2.39
6595	0.01	0.00944	0.03	0.0226	8.35	8.09	4.89	173	50.1	16.5	8.89	2.15	2.39
6600	0.0272	0.0111	0.0816	0.0265	8.35	8.11	4.9	170	49.8	16.6	8.74	2.13	2.39
6605	0	0.0132	0	0.0317	8.35	8.1	4.91	173	49.9	16.7	8.8	2.14	2.39
6610	0.0212	0.0109	0.0636	0.0261	8.35	8.1	4.92	170	49.6	16.7	8.75	2.13	2.39
6615	0.0213	0.0183	0.0639	0.0438	8.35	8.11	4.93	170	49.6	16.8	8.72	2.11	2.39
6620	0	0.0117	0	0.028	8.34	8.08	4.93	171	49.6	16.9	8.77	2.14	2.4
6625	0.03	0.0107	0.09	0.0257	8.34	8.1	4.94	168	49.2	17	8.67	2.11	2.4
6630	0	0.0129	0	0.031	8.34	8.09	4.94	170	49.4	17	8.71	2.13	2.41
6635	0.0138	0.00847	0.0414	0.0204	8.34	8.09	4.95	168	49.2	17.1	8.67	2.13	2.41
6640	0.0088	0.00741	0.0264	0.0179	8.34	8.08	4.95	167	49.2	17.1	8.62	2.14	2.41
6645	0.0321	0.0165	0.0963	0.0396	8.34	8.11	4.96	166	49	17.1	8.59	2.09	2.41
6650	0	0.0153	0	0.0369	8.33	8.09	4.96	168	49.1	17.2	8.66	2.11	2.41
6655	0	0.00582	0	0.0141	8.32	8.07	4.96	169	48.9	17.2	8.74	2.14	2.42
6660	0.01	0.002	0.03	0.00484	8.33	8.08	4.95	166	48.9	17.2	8.68	2.15	2.42
6665	0.0203	0.0112	0.0609	0.0269	8.33	8.11	4.95	166	49.1	17.1	8.64	2.11	2.41
6670	0.0009	0.00904	0.0027	0.0218	8.32	8.09	4.95	167	49.1	17.1	8.66	2.1	2.41
6675	0.0146	0.00616	0.0438	0.0149	8.32	8.1	4.95	165	48.9	17.1	8.6	2.1	2.41
6680	0	0.00627	0	0.0151	8.32	8.09	4.94	166	49	17	8.65	2.1	2.41
6685	0.0172	0.00429	0.0516	0.0104	8.32	8.1	4.94	162	48.8	17	8.54	2.09	2.41
6690	0.0315	0.0131	0.0945	0.0315	8.32	8.12	4.94	160	48.6	16.9	8.43	2.04	2.41
6695	0.0064	0.018	0.0192	0.0434	8.31	8.11	4.95	163	48.8	17	8.48	2.04	2.4
6700	0.0016	0.0113	0.0048	0.0273	8.31	8.09	4.94	164	48.7	17	8.56	2.07	2.41
6705	0.0181	0.00813	0.0543	0.0196	8.31	8.09	4.94	162	48.4	17	8.53	2.07	2.41
6710	0.0146	0.0114	0.0438	0.0274	8.31	8.1	4.94	162	48.4	17	8.51	2.06	2.41
6715	0.0242	0.0111	0.0726	0.0267	8.31	8.1	4.94	157	48.1	17	8.38	2.05	2.41
6720	0.0275	0.0236	0.0825	0.0567	8.3	8.11	4.95	160	48	16.9	8.41	2.02	2.4
6725	0	0.0168	0	0.0404	8.3	8.08	4.95	161	48.1	17	8.49	2.06	2.41
6730	0.0003	0.00586	0.0009	0.0142	8.29	8.06	4.94	161	47.9	17	8.57	2.1	2.41
6735	0.0029	0.00198	0.0087	0.00478	8.29	8.06	4.94	161	47.9	17	8.61	2.12	2.42
6740	0.02	0.00231	0.06	0.00558	8.29	8.08	4.93	157	47.8	16.9	8.49	2.09	2.41
6745	0.0191	0.0138	0.0573	0.0332	8.29	8.1	4.93	159	48	16.8	8.49	2.04	2.4
6750	0	0.0107	0	0.0258	8.28	8.08	4.92	160	48	16.8	8.57	2.06	2.4
6755	0	0.00374	0	0.00899	8.28	8.07	4.92	160	47.9	16.7	8.64	2.08	2.41
6760	0	0.000872	0	0.0021	8.27	8.07	4.91	161	47.9	16.7	8.71	2.09	2.41
6765	0	0.000157	0	0.000376	8.27	8.08	4.9	161	48.1	16.6	8.75	2.08	2.4
6770	0	0.0141	1.38	0.0343	7.35	7.6	4.92	118	41	16.7	13.1	2.53	2.42
6775	0	0.0177	0	0.0432	7.28	7.54	4.91	117	39.8	16.7	16.9	2.93	2.44
6780	0	0.0156	0.00708	0.0382	7.41	7.54	4.9	125	40.7	16.7	18.3	3.03	2.45
6785	0	0.0139	0.00177	0.0341	7.48	7.54	4.88	128	40.9	16.6	18.8	3.08	2.46
6790	0	0.00881	0	0.0217	7.54	7.55	4.87	132	41.2	16.6	18.5	3.11	2.46
6795	0	0.00292	0	0.00722	7.61	7.55	4.86	136	41.4	16.5	17.6	3.12	2.47
6800	0	0.000665	0	0.00164	7.66	7.56	4.85	139	41.5	16.5	16.7	3.12	2.47
6805	0.0001	0.000117	0.0003	0.000288	7.69	7.57	4.84	140	41.6	16.4	15.8	3.11	2.46
6810	0	0.0000168	0	0.0000404	7.71	7.58	4.84	141	41.7	16.4	15	3.1	2.46
6815	0	1.98E-06	0	3.97E-06	7.72	7.58	4.83	142	41.8	16.3	14.4	3.09	2.45
6820	0	1.81E-07	0	-4.04E-07	7.73	7.59	4.82	142	42	16.3	13.8	3.07	2.45
6825	0.005	0.000586	0.015	0.00143	7.84	7.6	4.82	148	42.1	16.2	13.5	3.06	2.45
6830	0.0076	0.00134	0.0228	0.00328	7.95	7.61	4.81	153	42.2	16.1	12.9	3.04	2.44
6835	0.0146	0.00659	0.0438	0.0161	8.05	7.71	4.8	159	43.6	16.1	12.3	2.9	2.44
6840	0.0001	0.00417	0.0003	0.0102	8.05	7.74	4.79	159	44.2	16	11.9	2.8	2.44
6845	0.0054	0.00204	0.0162	0.00499	8.1	7.77	4.79	161	44.7	16	11.5	2.72	2.44
6850	0.013	0.00273	0.039	0.00667	8.15	7.81	4.78	163	45.2	16	11	2.63	2.44
6855	0.0415	0.0158	0.125	0.0384	8.21	7.92	4.79	164	46.6	15.8	10.4	2.5	2.44
6860	0.0628	0.0334	0.188	0.0806	8.25	7.98	4.8	162	47	15.8	9.85	2.37	2.42
6865	0	0.0342	0	0.0827	8.25	7.95	4.82	169	47.5	15.9	9.81	2.39	2.42
6870	0	0.015	0	0.0365	8.25	7.92	4.82	170	47.4	16.1	9.81	2.46	2.43
6875	0.0764	0.0108	0.229	0.0262	8.3	8	4.82	155	47	16.1	8.99	2.34	2.43
6880	0.0438	0.0463	0.131	0.111	8.31	8.04	4.86	165	47.2	16	8.88	2.24	2.41
6885	0.0188	0.0453	0.0564	0.109	8.32	8	4.87	169	47.4	16.2	8.86	2.26	2.41
6890	0	0.0214	0	0.0521	8.31	7.97	4.88	170	47.4	16.5	8.92	2.34	2.43
6895	0.0003	0.00638	0.0009	0.0156	8.31	7.95	4.88	170	47.3	16.6	8.97	2.39	2.44
6900	0.0145	0.0058	0.0435	0.0142	8.32	7.99	4.88	169	47.6	16.5	8.87	2.36	2.45
6905	0.0062	0.00521	0.0186	0.0127	8.33	7.99	4.87	168	47.8	16.5	8.77	2.34	2.45

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

6915	0.0006	0.00198	0.0018	0.00483	8.32	8.01	4.87	169	48.2	16.5	8.76	2.31	2.44
6920	0.0027	0.000934	0.0081	0.00228	8.33	8.02	4.87	169	48.5	16.5	8.72	2.28	2.44
6925	0.0001	0.000528	0.0003	0.00129	8.32	8.04	4.86	169	48.8	16.5	8.72	2.25	2.44
6930	0.0008	0.000228	0.0024	0.000556	8.32	8.06	4.86	170	49.1	16.4	8.72	2.21	2.44
6935	0.0024	0.000213	0.0072	0.000519	8.33	8.07	4.86	169	49.4	16.4	8.67	2.18	2.44
6940	0.0152	0.00227	0.0456	0.00551	8.34	8.1	4.85	167	49.5	16.3	8.52	2.12	2.43
6945	0.0311	0.0175	0.0933	0.0424	8.35	8.13	4.87	168	49.5	16.3	8.4	2.04	2.42
6950	0.0053	0.0159	0.0159	0.0386	8.35	8.11	4.88	169	49.5	16.4	8.35	2.05	2.42
6955	0.0059	0.00903	0.0177	0.0219	8.36	8.1	4.88	169	49.3	16.5	8.3	2.07	2.43
6960	0	0.00394	0	0.00958	8.35	8.09	4.88	169	49.2	16.6	8.31	2.09	2.43
6965	0	0.00111	0	0.00269	8.35	8.09	4.88	170	49.3	16.6	8.33	2.1	2.43
6970	0.0309	0.00237	0.0927	0.00574	8.36	8.12	4.88	162	49.2	16.5	8.07	2.05	2.43
6975	0.0079	0.0156	0.0237	0.0378	8.36	8.14	4.9	167	49.5	16.5	8.07	2	2.42
6980	0.0044	0.0111	0.0132	0.0269	8.36	8.11	4.9	167	49.4	16.7	8.06	2.02	2.43
6985	0.0203	0.0112	0.0609	0.0271	8.36	8.12	4.91	166	49.2	16.7	8.01	2.01	2.43
6990	0.0176	0.014	0.0528	0.034	8.36	8.12	4.93	165	49	16.8	7.96	2	2.43
6995	0.0304	0.0153	0.0912	0.0372	8.36	8.12	4.94	161	48.6	16.9	7.82	1.98	2.43
7000	0.0082	0.018	0.0246	0.0438	8.36	8.11	4.95	163	48.7	17	7.84	2	2.43
7005	0	0.0116	0	0.0284	8.35	8.09	4.95	165	48.6	17.1	7.92	2.04	2.44
7010	0	0.00434	0	0.0106	8.35	8.08	4.95	166	48.5	17.1	8	2.07	2.45
7015	0	0.00108	0	0.00265	8.34	8.08	4.94	166	48.6	17.1	8.06	2.09	2.45
7020	0	0.000207	0	0.000506	8.34	8.09	4.94	166	48.8	17	8.11	2.08	2.45
7025	0.0063	0.000619	0.0189	0.00151	8.35	8.11	4.93	165	49	16.9	8.06	2.05	2.44
7030	0.0004	0.000922	0.0012	0.00225	8.34	8.12	4.93	165	49.2	16.9	8.06	2.03	2.44
7035	0	0.000321	0	0.000783	8.34	8.13	4.92	165	49.4	16.8	8.07	2.01	2.44
7040	0	0.0000684	0	0.000166	8.34	8.14	4.92	166	49.6	16.8	8.09	1.98	2.44
7045	0.001	0.000771	0.00477	0.00187	8.33	8.16	4.91	160	49.6	16.7	7.96	1.95	2.43
7050	0.0204	0.0196	10.2	0.0494	7.49	7.65	4.95	131	42.9	17	12.9	2.51	2.49
7055	0	0.0231	0.00177	0.0588	7.74	7.65	4.94	146	42.6	17	14.7	2.91	2.53
7060	0	0.0134	0	0.0343	7.76	7.63	4.93	147	44.4	17	15.2	2.85	2.56
7065	0	0.0119	0.0111	0.0305	7.94	7.65	4.91	157	43.4	16.9	14.6	2.95	2.56
7070	0.0129	0.0164	0.0387	0.0421	8.03	7.67	4.9	162	44	16.8	13.9	3	2.57
7075	0.0181	0.0168	0.0543	0.0432	8.09	7.69	4.89	167	44.3	16.7	13.3	3.03	2.57
7080	0.0216	0.0163	0.0648	0.0419	8.13	7.75	4.88	169	45.4	16.7	12.8	2.97	2.58
7085	0	0.0124	0	0.032	8.12	7.76	4.87	170	45.8	16.7	12.7	2.96	2.58
7090	0.0002	0.00462	0.0006	0.012	8.11	7.76	4.66	171	46	16.7	12.7	2.95	2.59
7095	0	0.0115	0.0111	0.0297	8.14	7.84	4.86	169	46.7	16.6	12.4	2.84	2.58
7100	0	0.0114	0	0.0295	8.12	7.82	4.86	170	46.8	16.6	12.4	2.84	2.58
7105	0	0.00419	0	0.0108	8.11	7.81	4.85	170	46.8	16.6	12.4	2.85	2.58
7110	0	0.00101	0	0.00259	8.11	7.83	4.84	171	47.1	16.5	12.4	2.82	2.58
7115	0.03	0.00843	0.09	0.0216	8.18	7.9	4.84	172	47.8	16.4	12	2.71	2.57
7120	0	0.00921	0	0.0236	8.17	7.88	4.83	173	47.7	16.4	11.9	2.7	2.56
7125	0	0.00349	0	0.00893	8.16	7.87	4.82	174	47.7	16.3	12	2.71	2.56
7130	0	0.000845	0	0.00216	8.16	7.89	4.81	175	48	16.3	12	2.69	2.56
7135	0.0058	0.00128	0.0174	0.00328	8.19	7.91	4.81	175	48.5	16.2	11.8	2.64	2.56
7140	0	0.000591	0	0.00151	8.19	7.93	4.8	176	48.8	16.2	11.7	2.6	2.55
7145	0	0.0208	0.0444	0.0525	8.21	8.01	4.82	171	48.6	16	11.2	2.43	2.53
7150	0.0006	0.0236	0.0018	0.0594	8.21	7.98	4.83	174	48.7	16.1	11.2	2.42	2.52
7155	0	0.00963	0	0.0243	8.2	7.95	4.82	174	48.5	16.2	11.2	2.47	2.53
7160	0.0001	0.00251	0.0003	0.00636	8.19	7.94	4.82	174	48.5	16.2	11.2	2.5	2.53
7165	0	0.000497	0	0.00126	8.18	7.96	4.81	175	48.8	16.2	11.2	2.48	2.53
7170	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000202	8.18	7.98	4.81	174	49.2	16.2	11.2	2.45	2.53
7175	0	0.0000108	0	0.0000267	8.17	8	4.8	174	49.5	16.1	11.1	2.41	2.52
7180	0	0.0000012	0	2.49E-06	8.17	8.02	4.8	174	49.9	16.1	11	2.36	2.52
7185	0	1.02E-07	0	-2.54E-07	8.16	8.04	4.79	173	50.2	16	11	2.32	2.52
7190	0	4E-09	0	-4.58E-07	8.16	8.05	4.79	173	50.5	16	10.9	2.28	2.52
7195	0	-7.49E-10	0	-4.21E-07	8.15	8.07	4.78	172	50.7	16	10.8	2.24	2.51
7200	0	-7.42E-10	0	-3.74E-07	8.14	8.08	4.78	171	51	15.9	10.7	2.21	2.51
7205	0	-7.05E-10	0	-3.3E-07	8.14	8.09	4.78	171	51.2	15.9	10.6	2.18	2.51
7210	0	-6.98E-10	0	-2.9E-07	8.13	8.1	4.77	170	51.4	15.9	10.6	2.15	2.51
7215	0.0225	0.00233	0.0675	0.00583	8.25	8.12	4.77	176	51.3	15.8	10.5	2.11	2.51
7220	0.0014	0.00485	0.0042	0.0121	8.25	8.11	4.77	177	51.4	15.8	10.4	2.11	2.5
7225	0.0051	0.00273	0.0153	0.00684	8.27	8.1	4.77	177	51.2	15.8	10.4	2.12	2.5
7230	0.0085	0.00422	0.0255	0.0106	8.29	8.11	4.77	179	51.2	15.8	10.3	2.12	2.5
7235	0.0126	0.00552	0.0378	0.0138	8.31	8.11	4.77	178	51.1	15.8	10.1	2.11	2.5
7240	0.0033	0.00698	0.0099	0.0174	8.31	8.1	4.77	180	51.1	15.8	10.1	2.12	2.5
7245	0.0251	0.00988	0.0753	0.0246	8.33	8.12	4.79	178	50.9	15.8	9.88	2.1	2.49
7250	0.0162	0.0157	0.0486	0.039	8.33	8.11	4.8	179	50.9	15.9	9.77	2.1	2.48
7255	0.0018	0.0107	0.0054	0.0266	8.33	8.09	4.81	180	50.8	16	9.77	2.14	2.48
7260	0.02	0.00918	0.06	0.0227	8.34	8.1	4.82	179	50.6	16	9.65	2.14	2.48
7265	0	0.00817	0	0.0202	8.33	8.09	4.82	180	50.7	16.1	9.67	2.16	2.48
7270	0.0086	0.0041	0.0258	0.0102	8.34	8.09	4.82	178	50.5	16.1	9.6	2.18	2.48
7275	0.0116	0.00748	0.0348	0.0185	8.34	8.1	4.83	178	50.7	16.1	9.52	2.16	2.47
7280	0.0123	0.0103	0.0369	0.0255	8.35	8.1	4.84	178	50.7	16.1	9.45	2.15	2.47
7285	0.03	0.00991	0.09	0.0244	8.35	8.11	4.85	173	50.2	16.2	9.23	2.13	2.47
7290	0.0006	0.0145	0.0018	0.0359	8.35	8.1	4.87	177	50.5	16.3	9.27	2.14	2.47
7295	0.01	0.0106	0.03	0.0261	8.35	8.09	4.87	177	50.3	16.4	9.24	2.15	2.47
7300	0.0033	0.0061	0.0099	0.0151	8.35	8.08	4.88	176	50.2	16.4	9.22	2.18	2.48
7305	0.02	0.00673	0.06	0.0167	8.35	8.1	4.88	173	50.1	16.5	9.08	2.16	2.48
7310	0.01	0.0104	0.03	0.0257	8.35	8.1	4.89	174	50.2	16.5	9.04	2.14	2.48
7315	0.01	0.0119	0.03	0.0296	8.35	8.1	4.91	175	50.2	16.8	9.02	2.14	2.48
7320	0.01	0.00936	0.03	0.0232	8.35	8.09	4.91	174	50	16.7	8.99	2.15	2.48
7325	0.01	0.00944	0.03	0.0235	8.35	8.09	4.92	173	50	16.8	8.96	2.15	2.48
7330	0.0272	0.0111	0.0816	0.0275	8.35	8.11	4.93	170	49.8	16.8	8.81	2.12	2.48
7335	0	0.0132	0	0.0329	8.35	8.1	4.94	173	49.9	16.9	8.86	2.13	2.49
7340	0.0212	0.0109	0.0636	0.0272	8.35	8.1	4.95	170	49.6	17	8.81	2.12	2.49
7345	0.0213	0.0183	0.0639	0.0456	8.35	8.11	4.96	170	49.6	17	8.78	2.11	2.49
7350	0	0.0117	0	0.0292	8.34	8.08	4.96	171	49.5	17.2	8.83	2.14	2.5
7355	0.03	0.0107	0.09	0.0268	8.34	8.1	4.97	168	49.2	17.2	8.73	2.11	2.5
7360	0	0.0129	0	0.0323	8.34	8.09	4.97	170	49.4	17.2	8.77	2.12	2.5
7365	0.0138	0.00847	0.0414	0.0213	8.34	8.09	4.98	168	49.2	17.3	8.72	2.13	2.51
7370	0.0088	0.00741	0.0264	0.0186	8.34	8.08	4.98	167	49.1				

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

7380	0	0.0153	0	0.0384	8.33	8.09	4.99	168	49.1	17.4	8.72	2.1	2.51
7385	0	0.00582	0	0.0147	8.33	8.07	4.98	169	48.9	17.4	8.79	2.14	2.51
7390	0.01	0.002	0.03	0.00503	8.33	8.08	4.98	166	48.8	17.3	8.73	2.14	2.52
7395	0.0203	0.0112	0.0609	0.028	8.33	8.11	4.98	166	49.1	17.2	8.69	2.09	2.51
7400	0.0009	0.00904	0.0027	0.0227	8.32	8.09	4.97	167	49.1	17.3	8.71	2.1	2.51
7405	0.0146	0.00616	0.0438	0.0155	8.33	8.1	4.97	165	48.9	17.2	8.65	2.09	2.51
7410	0	0.00627	0	0.0158	8.32	8.09	4.97	166	49	17.2	8.7	2.1	2.51
7415	0.0172	0.00429	0.0516	0.0108	8.32	8.1	4.96	162	48.8	17.1	8.59	2.09	2.51
7420	0.0315	0.0131	0.0945	0.0328	8.32	8.12	4.97	160	48.6	17.1	8.48	2.03	2.5
7425	0.0064	0.018	0.0192	0.0451	8.32	8.11	4.97	163	48.7	17.1	8.52	2.03	2.5
7430	0.0016	0.0113	0.0048	0.0284	8.31	8.09	4.97	164	48.6	17.2	8.6	2.07	2.51
7435	0.0181	0.00813	0.0543	0.0204	8.31	8.09	4.97	162	48.4	17.1	8.57	2.07	2.51
7440	0.0146	0.0114	0.0438	0.0285	8.31	8.1	4.97	162	48.4	17.1	8.55	2.06	2.51
7445	0.0242	0.0111	0.0726	0.0278	8.31	8.1	4.97	157	48.1	17.1	8.42	2.05	2.51
7450	0.0275	0.0236	0.0825	0.059	8.3	8.11	4.98	160	48	17	8.45	2.02	2.5
7455	0	0.0168	0	0.042	8.3	8.08	4.98	161	48	17.1	8.53	2.06	2.5
7460	0.0003	0.00586	0.0009	0.0147	8.29	8.06	4.97	162	47.8	17.2	8.61	2.1	2.51
7465	0.0029	0.00198	0.0087	0.00497	8.29	8.06	4.96	161	47.9	17.1	8.65	2.12	2.51
7470	0.02	0.00231	0.06	0.0058	8.29	8.08	4.95	157	47.8	17	8.53	2.09	2.51
7475	0.0191	0.0138	0.0573	0.0346	8.29	8.11	4.95	159	48	16.9	8.53	2.04	2.5
7480	0	0.0107	0	0.0268	8.28	8.08	4.95	160	48	16.9	8.6	2.05	2.5
7485	0	0.00374	0	0.00934	8.28	8.07	4.94	160	47.8	16.9	8.68	2.08	2.5
7490	0	0.000872	0	0.00218	8.27	8.07	4.93	161	47.9	16.8	8.74	2.09	2.5
7495	0	0.000157	0	0.000391	8.27	8.08	4.93	161	48.1	16.7	8.78	2.08	2.5
7500	0	0.0141	1.38	0.0357	7.36	7.6	4.94	118	41	16.9	13.1	2.53	2.52
7505	0	0.0177	0	0.0449	7.31	7.55	4.93	118	40	16.8	13.9	2.91	2.53
7510	0	0.0156	0.00708	0.0396	7.42	7.55	4.92	126	40.8	16.8	18.3	3.01	2.54
7515	0	0.0139	0.00177	0.0354	7.49	7.56	4.91	129	41.1	16.7	18.8	3.06	2.55
7520	0	0.00881	0	0.0225	7.5	7.56	4.89	131	41.4	16.7	18.9	3.09	2.56
7525	0	0.00292	0	0.00748	7.58	7.56	4.88	135	41.5	16.6	18.1	3.1	2.56
7530	0	0.000685	0	0.0017	7.64	7.57	4.87	138	41.6	16.6	17.2	3.1	2.56
7535	0.0001	0.000117	0.0003	0.000298	7.67	7.58	4.86	140	41.7	16.5	16.3	3.1	2.55
7540	0	0.0000188	0	0.0000419	7.7	7.58	4.86	141	41.8	16.4	15.5	3.09	2.55
7545	0	1.98E-06	0	4.09E-06	7.71	7.59	4.85	141	41.9	16.4	14.8	3.07	2.54
7550	0	1.81E-07	0	4.46E-07	7.72	7.59	4.85	142	42	16.3	14.2	3.06	2.54
7555	0.005	0.000586	0.015	0.00148	7.83	7.6	4.84	148	42.1	16.3	13.8	3.05	2.53
7560	0.0076	0.00134	0.0228	0.0034	7.94	7.61	4.83	153	42.2	16.2	13.2	3.04	2.53
7565	0.0146	0.00659	0.0438	0.0166	8.04	7.88	4.82	159	43.2	16.1	12.5	2.95	2.53
7570	0.0001	0.00417	0.0003	0.0105	8.05	7.72	4.81	159	44	16.1	12.2	2.85	2.53
7575	0.0054	0.00204	0.0162	0.00516	8.09	7.76	4.81	161	44.5	16.1	11.7	2.76	2.53
7580	0.013	0.00273	0.039	0.00691	8.15	7.8	4.8	163	45.1	16	11.2	2.66	2.53
7585	0.0415	0.0158	0.125	0.0396	8.21	7.91	4.81	163	46.4	15.9	10.6	2.52	2.52
7590	0.0628	0.0334	0.188	0.0835	8.25	7.97	4.83	162	46.8	15.9	10	2.4	2.51
7595	0	0.0342	0	0.0857	8.25	7.94	4.84	169	47.3	16	9.97	2.42	2.51
7600	0	0.015	0	0.0379	8.25	7.91	4.84	169	47.2	16.2	9.97	2.48	2.52
7605	0.0764	0.0108	0.229	0.0271	8.29	7.99	4.85	155	46.9	16.2	9.13	2.36	2.52
7610	0.0438	0.0463	0.131	0.115	8.31	8.03	4.88	165	47.1	16.1	9.02	2.26	2.5
7615	0.0188	0.0453	0.0564	0.113	8.31	8	4.9	168	47.3	16.3	9	2.28	2.5
7620	0	0.0214	0	0.054	8.31	7.96	4.91	169	47.2	16.6	9.06	2.36	2.52
7625	0.0003	0.00638	0.0009	0.0162	8.31	7.95	4.91	170	47.2	16.7	9.11	2.41	2.53
7630	0.0145	0.0058	0.0435	0.0147	8.32	7.98	4.91	169	47.5	16.7	9.01	2.38	2.54
7635	0.0062	0.00521	0.0186	0.0132	8.32	7.99	4.91	168	47.7	16.7	8.9	2.36	2.54
7640	0.0014	0.00388	0.0042	0.00986	8.32	7.99	4.9	168	47.9	16.7	8.88	2.34	2.54
7645	0.0006	0.00198	0.0018	0.00502	8.32	8	4.9	169	48.1	16.6	8.89	2.33	2.54
7650	0.0027	0.000934	0.0081	0.00237	8.32	8.02	4.9	169	48.4	16.6	8.85	2.3	2.54
7655	0.0001	0.000528	0.0003	0.00134	8.32	8.03	4.89	169	48.7	16.6	8.86	2.26	2.53
7660	0.0008	0.000228	0.0024	0.000577	8.32	8.05	4.89	169	49	16.6	8.85	2.23	2.53
7665	0.0024	0.000213	0.0072	0.000539	8.32	8.07	4.89	169	49.3	16.5	8.8	2.19	2.53
7670	0.0152	0.00227	0.0456	0.00572	8.34	8.09	4.89	167	49.4	16.5	8.65	2.14	2.52
7675	0.0311	0.0175	0.0933	0.044	8.35	8.12	4.9	168	49.4	16.4	8.52	2.06	2.51
7680	0.0053	0.0159	0.0159	0.0401	8.35	8.1	4.91	169	49.3	16.6	8.48	2.06	2.52
7685	0.0059	0.00903	0.0177	0.0228	8.35	8.09	4.92	168	49.2	16.7	8.43	2.08	2.52
7690	0	0.00394	0	0.00995	8.35	8.08	4.92	169	49.1	16.7	8.43	2.11	2.53
7695	0	0.00111	0	0.0028	8.35	8.08	4.91	169	49.2	16.7	8.45	2.12	2.53
7700	0.0309	0.00237	0.0927	0.00597	8.35	8.11	4.91	162	49.1	16.6	8.18	2.06	2.52
7705	0.0079	0.0156	0.0237	0.0394	8.36	8.13	4.93	167	49.4	16.7	8.19	2.02	2.52
7710	0.0044	0.0111	0.0132	0.0279	8.36	8.11	4.94	167	49.3	16.8	8.18	2.03	2.52
7715	0.0203	0.0112	0.0609	0.0282	8.36	8.12	4.95	166	49.1	16.9	8.12	2.02	2.52
7720	0.0176	0.014	0.0528	0.0354	8.36	8.12	4.96	165	48.9	16.9	8.07	2.02	2.53
7725	0.0304	0.0153	0.0912	0.0386	8.36	8.12	4.97	161	48.5	17	7.93	2	2.52
7730	0.0082	0.018	0.0246	0.0455	8.35	8.11	4.98	163	48.6	17.1	7.94	2.01	2.53
7735	0	0.0116	0	0.0295	8.35	8.09	4.99	165	48.5	17.2	8.03	2.05	2.53
7740	0	0.00434	0	0.011	8.34	8.07	4.98	165	48.4	17.2	8.11	2.08	2.54
7745	0	0.00108	0	0.00276	8.34	8.08	4.98	166	48.5	17.2	8.17	2.1	2.54
7750	0	0.000207	0	0.000526	8.34	8.09	4.97	166	48.7	17.2	8.22	2.09	2.54
7755	0.0063	0.000619	0.0189	0.00157	8.34	8.1	4.97	165	48.9	17.1	8.17	2.06	2.54
7760	0.0004	0.000922	0.0012	0.00234	8.34	8.12	4.96	165	49.2	17	8.16	2.04	2.54
7765	0	0.000321	0	0.000814	8.34	8.13	4.96	165	49.4	17	8.18	2.01	2.54
7770	0	0.0000684	0	0.000173	8.33	8.14	4.95	166	49.6	16.9	8.2	1.99	2.53
7775	0.001	0.000771	0.00477	0.00195	8.32	8.15	4.95	160	49.6	16.9	8.06	1.96	2.53
7780	0.0204	0.0196	10.2	0.0513	7.49	7.65	4.98	130	43	17.1	13.1	2.52	2.59
7785	0	0.0231	0.00177	0.061	7.74	7.65	4.97	146	42.6	17.1	14.9	2.91	2.63
7790	0	0.0134	0	0.0356	7.75	7.62	4.96	147	44.2	17.1	15.4	2.84	2.65
7795	0	0.0119	0.0111	0.0317	7.94	7.65	4.94	157	43.4	17	14.7	2.94	2.66
7800	0.0129	0.0164	0.0387	0.0437	8.02	7.67	4.93	162	44	16.9	14	3	2.67
7805	0.0181	0.0168	0.0543	0.0448	8.09	7.69	4.92	167	44.3	16.8	13.4	3.03	2.67
7810	0.0216	0.0163	0.0648	0.0435	8.13	7.76	4.92	169	45.5	16.8	12.9	2.96	2.67
7815	0	0.0124	0	0.0332	8.12	7.76	4.91	170	45.9	16.8	12.8	2.95	2.68
7820	0.0002	0.00462	0.0006	0.0124	8.11	7.77	4.9	171	48.1	16.8	12.8	2.94	2.68
7825	0	0.0115	0.0111	0.0308	8.14	7.84	4.9	169	46.8	16.7	12.5	2.83	2.68
7830	0	0.0114	0	0.0305	8.12	7.82	4.89	170	46.8	16.7	12.4	2.83	2.67
7835	0	0.00419	0	0.0112	8.12	7.82	4.88	170	46.8				

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

7845	0.03	0.00843	0.09	0.0224	8.18	7.9	4.87	172	47.8	16.5	12.1	2.7	2.66
7850	0	0.00921	0	0.0245	8.17	7.88	4.86	173	47.7	16.5	12	2.7	2.66
7855	0	0.00349	0	0.00926	8.17	7.87	4.86	174	47.7	16.5	12	2.7	2.66
7860	0	0.000845	0	0.00224	8.16	7.89	4.85	175	48.1	16.4	12	2.69	2.65
7865	0.0058	0.00128	0.0174	0.00339	8.19	7.92	4.84	176	48.5	16.4	11.9	2.64	2.65
7870	0	0.000591	0	0.00156	8.19	7.93	4.84	176	48.8	16.3	11.8	2.6	2.65
7875	0	0.0208	0.0444	0.0545	8.21	8.01	4.85	171	48.6	16.1	11.3	2.43	2.62
7880	0.0006	0.0236	0.0018	0.0616	8.21	7.98	4.86	174	48.7	16.2	11.3	2.42	2.62
7885	0	0.00963	0	0.0252	8.2	7.94	4.86	174	48.4	16.3	11.3	2.47	2.62
7890	0.0001	0.00251	0.0003	0.0066	8.19	7.94	4.85	174	48.4	16.3	11.3	2.5	2.62
7895	0	0.000497	0	0.0013	8.18	7.96	4.85	175	48.7	16.3	11.3	2.49	2.62
7900	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000209	8.18	7.98	4.84	174	49.1	16.3	11.2	2.45	2.62
7905	0	0.0000108	0	0.0000276	8.17	8	4.84	174	49.5	16.2	11.2	2.41	2.62
7910	0	0.0000012	0	2.48E-06	8.17	8.02	4.83	174	49.8	16.2	11.1	2.37	2.61
7915	0	1.02E-07	0	-3.65E-07	8.16	8.04	4.83	173	50.1	16.1	11	2.32	2.61
7920	0	4E-09	0	-5.74E-07	8.16	8.05	4.82	173	50.4	16.1	11	2.28	2.61
7925	0	-7.49E-10	0	-5.33E-07	8.15	8.06	4.82	172	50.7	16.1	10.9	2.25	2.61
7930	0	-7.42E-10	0	-4.81E-07	8.14	8.08	4.82	171	50.9	16.1	10.8	2.22	2.6
7935	0	-7.05E-10	0	-4.3E-07	8.14	8.09	4.81	171	51.1	16	10.7	2.19	2.6
7940	0	-6.98E-10	0	-3.85E-07	8.13	8.1	4.81	170	51.3	16	10.7	2.16	2.6
7945	0.0225	0.00233	0.0675	0.00603	8.25	8.11	4.81	176	51.2	16	10.5	2.12	2.59
7950	0.0014	0.00485	0.0042	0.0126	8.25	8.11	4.81	177	51.3	15.9	10.5	2.12	2.59
7955	0.0051	0.00273	0.0153	0.00708	8.27	8.1	4.8	177	51.1	15.9	10.4	2.13	2.59
7960	0.0085	0.00422	0.0255	0.0109	8.29	8.1	4.8	179	51.1	15.9	10.4	2.13	2.59
7965	0.0126	0.00552	0.0378	0.0143	8.3	8.1	4.81	178	51	15.9	10.2	2.12	2.59
7970	0.0033	0.00698	0.0099	0.018	8.31	8.1	4.81	180	51	15.9	10.1	2.13	2.59
7975	0.0251	0.00988	0.0753	0.0255	8.33	8.11	4.82	178	50.8	15.9	9.97	2.11	2.58
7980	0.0162	0.0157	0.0486	0.0405	8.33	8.11	4.84	179	50.8	16	9.86	2.11	2.57
7985	0.0018	0.0107	0.0054	0.0276	8.33	8.09	4.85	180	50.7	16.1	9.85	2.15	2.57
7990	0.02	0.00918	0.06	0.0236	8.34	8.1	4.85	178	50.5	16.1	9.73	2.15	2.57
7995	0	0.00817	0	0.021	8.33	8.08	4.86	180	50.6	16.2	9.75	2.17	2.57
8000	0.0086	0.0041	0.0258	0.0106	8.34	8.08	4.86	178	50.5	16.2	9.68	2.19	2.58
8005	0.0116	0.00748	0.0348	0.0193	8.34	8.1	4.87	178	50.6	16.2	9.6	2.17	2.57
8010	0.0123	0.0103	0.0369	0.0265	8.35	8.1	4.88	178	50.6	16.3	9.54	2.16	2.57
8015	0.03	0.00991	0.09	0.0254	8.35	8.11	4.89	173	50.2	16.3	9.3	2.13	2.57
8020	0.0006	0.0145	0.0018	0.0374	8.35	8.1	4.9	177	50.4	16.4	9.35	2.14	2.57
8025	0.01	0.0106	0.03	0.0272	8.35	8.09	4.91	177	50.3	16.5	9.31	2.16	2.57
8030	0.0033	0.0061	0.0099	0.0158	8.35	8.08	4.92	176	50.2	16.6	9.3	2.18	2.58
8035	0.02	0.00673	0.06	0.0174	8.35	8.1	4.92	173	50.1	16.6	9.16	2.16	2.58
8040	0.01	0.0104	0.03	0.0268	8.35	8.1	4.93	174	50.2	16.7	9.11	2.14	2.58
8045	0.01	0.0119	0.03	0.0309	8.35	8.1	4.95	175	50.2	16.7	9.09	2.14	2.58
8050	0.01	0.00836	0.03	0.0242	8.35	8.09	4.95	174	50	16.8	9.05	2.15	2.59
8055	0.01	0.00944	0.03	0.0245	8.35	8.09	4.96	173	50	16.9	9.02	2.15	2.59
8060	0.0272	0.0111	0.0816	0.0287	8.35	8.11	4.97	170	49.8	16.9	8.87	2.12	2.59
8065	0	0.0132	0	0.0343	8.35	8.1	4.98	173	49.9	17.1	8.92	2.13	2.6
8070	0.0212	0.0109	0.0636	0.0283	8.35	8.1	4.99	170	49.6	17.1	8.87	2.12	2.6
8075	0.0213	0.0183	0.0639	0.0476	8.35	8.11	5	171	49.6	17.2	8.84	2.1	2.6
8080	0	0.0117	0	0.0304	8.34	8.09	5.01	171	49.6	17.3	8.89	2.13	2.61
8085	0.03	0.0107	0.09	0.0279	8.35	8.1	5.01	168	49.2	17.3	8.78	2.11	2.61
8090	0	0.0129	0	0.0336	8.34	8.09	5.02	170	49.4	17.4	8.82	2.12	2.61
8095	0.0138	0.00847	0.0414	0.0222	8.34	8.09	5.02	168	49.2	17.4	8.77	2.12	2.62
8100	0.0088	0.00741	0.0264	0.0194	8.34	8.09	5.02	167	49.2	17.4	8.73	2.13	2.62
8105	0.0321	0.0165	0.0963	0.043	8.34	8.11	5.03	166	49	17.4	8.69	2.08	2.61
8110	0	0.0153	0	0.0401	8.33	8.09	5.03	168	49.1	17.5	8.76	2.1	2.62
8115	0	0.00582	0	0.0153	8.33	8.08	5.02	169	49	17.5	8.84	2.13	2.62
8120	0.01	0.002	0.03	0.00526	8.33	8.08	5.02	166	48.9	17.5	8.77	2.13	2.63
8125	0.0203	0.0112	0.0609	0.0293	8.33	8.11	5.02	166	49.1	17.4	8.73	2.08	2.62
8130	0.0009	0.00904	0.0027	0.0237	8.33	8.1	5.02	167	49.1	17.4	8.75	2.09	2.62
8135	0.0146	0.00616	0.0438	0.0162	8.33	8.1	5.01	165	49	17.4	8.69	2.08	2.62
8140	0	0.00627	0	0.0165	8.32	8.1	5.01	166	49.1	17.3	8.74	2.09	2.63
8145	0.0172	0.00429	0.0516	0.0113	8.32	8.1	5	162	48.9	17.3	8.63	2.07	2.63
8150	0.0315	0.0131	0.0945	0.0343	8.32	8.13	5.01	160	48.7	17.2	8.52	2.02	2.62
8155	0.0084	0.018	0.0192	0.0472	8.32	8.12	5.01	163	48.9	17.2	8.56	2.02	2.62
8160	0.0016	0.0113	0.0048	0.0297	8.31	8.1	5.01	164	48.8	17.3	8.64	2.05	2.62
8165	0.0181	0.00813	0.0543	0.0213	8.31	8.1	5.01	162	48.5	17.3	8.61	2.05	2.62
8170	0.0146	0.0114	0.0438	0.0298	8.31	8.1	5.01	162	48.5	17.2	8.58	2.04	2.62
8175	0.0242	0.0111	0.0726	0.0291	8.31	8.1	5.01	157	48.1	17.2	8.45	2.04	2.62
8180	0.0275	0.0236	0.0825	0.0617	8.31	8.11	5.02	160	48.1	17.2	8.48	2.01	2.61
8185	0	0.0168	0	0.044	8.3	8.09	5.02	161	48.1	17.3	8.56	2.04	2.62
8190	0.0003	0.00586	0.0009	0.0154	8.3	8.07	5.01	162	47.9	17.3	8.64	2.09	2.63
8195	0.0029	0.00198	0.0087	0.0052	8.29	8.07	5	161	47.9	17.2	8.67	2.11	2.63
8200	0.02	0.00231	0.06	0.00608	8.29	8.09	4.99	157	47.9	17.1	8.56	2.08	2.63
8205	0.0191	0.0138	0.0573	0.0362	8.29	8.11	4.99	159	48	17	8.56	2.03	2.62
8210	0	0.0107	0	0.0281	8.29	8.09	4.99	160	48.1	17	8.62	2.04	2.62
8215	0	0.00374	0	0.00979	8.28	8.08	4.98	160	47.9	17	8.7	2.07	2.62
8220	0	0.000872	0	0.00228	8.28	8.08	4.97	161	48	16.9	8.76	2.07	2.62
8225	0	0.000157	0	0.00041	8.27	8.09	4.96	161	48.2	16.9	8.81	2.06	2.62
8230	0	0.0141	1.38	0.0374	7.37	7.61	4.98	119	40.9	17	13.1	2.55	2.64
8235	0	0.0177	0	0.0471	7.32	7.55	4.97	119	40.4	17	18.8	2.88	2.66
8240	0	0.0156	0.00708	0.0415	7.43	7.56	4.96	126	41.1	16.9	18.3	2.99	2.66
8245	0	0.0139	0.00177	0.0371	7.49	7.57	4.94	129	41.3	16.8	18.9	3.05	2.67
8250	0	0.00861	0	0.0236	7.49	7.57	4.93	131	41.6	16.8	19.1	3.08	2.68
8255	0	0.00292	0	0.00784	7.56	7.58	4.92	134	41.8	16.7	18.6	3.09	2.68
8260	0	0.000685	0	0.00178	7.62	7.58	4.91	137	41.8	16.7	17.6	3.09	2.68
8265	0.0001	0.000117	0.0003	0.000312	7.65	7.58	4.9	139	41.9	16.6	16.7	3.09	2.68
8270	0	0.0000168	0	0.0000438	7.68	7.59	4.89	140	42	16.6	15.9	3.08	2.67
8275	0	1.98E-06	0	4.23E-06	7.7	7.6	4.89	141	42.1	16.5	15.1	3.07	2.66
8280	0	1.81E-07	0	-5.17E-07	7.71	7.6	4.88	141	42.2	16.5	14.5	3.06	2.66
8285	0.005	0.000588	0.015	0.00155	7.82	7.61	4.88	147	42.3	16.4	14.1	3.05	2.65
8290	0.0076	0.00134	0.0228	0.00356	7.93	7.61	4.87	152	42.3	16.3	13.5	3.04	2.65
8295	0.0146	0.00659	0.0438	0.0174	8.03	7.65	4.86	158	42.9	16.2	12.8	3	2.65
8300	0.0001	0.00417	0.0003	0.011	8.04	7.71	4.85	159	43.8	16.2	12.4	2.9	2.65

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

8310	0.013	0.00273	0.039	0.00722	8.14	7.8	4.84	162	45	16.1	11.4	2.69	2.65
8315	0.0415	0.0158	0.125	0.0416	8.2	7.9	4.85	163	46.4	16	10.8	2.55	2.64
8320	0.0628	0.0334	0.188	0.0873	8.24	7.96	4.86	162	46.7	16	10.2	2.42	2.62
8325	0	0.0342	0	0.0897	8.24	7.93	4.88	168	47.2	16.2	10.1	2.44	2.62
8330	0	0.015	0	0.0396	8.24	7.9	4.88	169	47.1	16.3	10.1	2.51	2.64
8335	0.0764	0.0108	0.229	0.0284	8.29	7.99	4.89	154	46.8	16.3	9.26	2.38	2.64
8340	0.0438	0.0463	0.131	0.121	8.3	8.02	4.92	165	47	16.2	9.15	2.28	2.62
8345	0.0188	0.0453	0.0564	0.119	8.31	7.99	4.94	168	47.2	16.4	9.12	2.3	2.62
8350	0	0.0214	0	0.0566	8.3	7.95	4.95	169	47.1	16.7	9.18	2.38	2.64
8355	0.0003	0.00638	0.0009	0.017	8.3	7.94	4.94	170	47.1	16.8	9.24	2.43	2.66
8360	0.0145	0.0058	0.0435	0.0155	8.31	7.98	4.94	168	47.5	16.8	9.13	2.4	2.66
8365	0.0062	0.00521	0.0186	0.0139	8.32	7.98	4.94	167	47.6	16.8	9.03	2.37	2.66
8370	0.0014	0.00388	0.0042	0.0103	8.31	7.99	4.94	168	47.8	16.8	9.01	2.36	2.66
8375	0.0006	0.00198	0.0018	0.00526	8.31	8	4.94	169	48	16.8	9.01	2.34	2.66
8380	0.0027	0.000934	0.0081	0.00248	8.32	8.02	4.94	168	48.3	16.7	8.97	2.31	2.66
8385	0.0001	0.000528	0.0003	0.0014	8.31	8.03	4.93	169	48.7	16.7	8.97	2.27	2.66
8390	0.0008	0.000228	0.0024	0.000606	8.32	8.05	4.93	169	49	16.7	8.96	2.23	2.66
8395	0.0024	0.000213	0.0072	0.000565	8.32	8.07	4.93	169	49.4	16.7	8.91	2.19	2.65
8400	0.0152	0.00227	0.0456	0.006	8.33	8.1	4.92	167	49.5	16.6	8.75	2.13	2.65
8405	0.0311	0.0175	0.0933	0.0462	8.34	8.13	4.94	168	49.6	16.6	8.62	2.04	2.64
8410	0.0053	0.0159	0.0159	0.042	8.35	8.12	4.95	169	49.7	16.7	8.57	2.04	2.64
8415	0.0059	0.00903	0.0177	0.0239	8.35	8.11	4.95	168	49.5	16.8	8.51	2.05	2.85
8420	0	0.00394	0	0.0104	8.35	8.1	4.95	169	49.4	16.8	8.51	2.07	2.65
8425	0	0.00111	0	0.00294	8.34	8.1	4.95	170	49.5	16.8	8.53	2.08	2.65
8430	0.0309	0.00237	0.0927	0.00626	8.35	8.13	4.95	162	49.3	16.8	8.26	2.03	2.65
8435	0.0079	0.0156	0.0237	0.0413	8.36	8.14	4.97	167	49.7	16.8	8.26	1.99	2.64
8440	0.0044	0.0111	0.0132	0.0293	8.36	8.12	4.98	167	49.6	16.9	8.25	2	2.65
8445	0.0203	0.0112	0.0609	0.0296	8.36	8.13	4.99	166	49.3	17	8.19	1.99	2.65
8450	0.0176	0.014	0.0528	0.0371	8.36	8.13	5	165	49.2	17.1	8.13	1.99	2.65
8455	0.0304	0.0153	0.0912	0.0405	8.36	8.13	5.01	161	48.8	17.1	8	1.97	2.65
8460	0.0082	0.018	0.0246	0.0477	8.35	8.12	5.02	163	48.8	17.3	8.01	1.98	2.65
8465	0	0.0116	0	0.0309	8.35	8.1	5.03	165	48.7	17.4	8.09	2.02	2.66
8470	0	0.00434	0	0.0116	8.34	8.08	5.02	165	48.6	17.4	8.17	2.06	2.66
8475	0	0.00108	0	0.00289	8.34	8.08	5.02	166	48.6	17.4	8.23	2.08	2.67
8480	0	0.000207	0	0.000552	8.34	8.1	5.01	166	48.8	17.3	8.28	2.07	2.67
8485	0.0063	0.000619	0.0189	0.00165	8.34	8.11	5.01	165	49.1	17.2	8.23	2.05	2.66
8490	0.0004	0.000922	0.0012	0.00245	8.34	8.12	5	165	49.3	17.2	8.22	2.02	2.66
8495	0	0.000321	0	0.000854	8.34	8.13	4.99	165	49.5	17.1	8.24	2	2.66
8500	0	0.000684	0	0.000181	8.33	8.15	4.99	166	49.8	17.1	8.26	1.98	2.66
8505	0.001	0.000771	0.00477	0.00204	8.32	8.16	4.98	160	49.8	17	8.12	1.94	2.65
8510	0.0204	0.0196	10.2	0.0537	7.49	7.66	5.02	130	43.1	17.3	13.2	2.5	2.71
8515	0	0.0231	0.00177	0.0639	7.74	7.66	5.01	146	42.8	17.3	15	2.89	2.75
8520	0	0.0134	0	0.0372	7.75	7.63	5	147	45.1	17.3	15.5	2.86	2.78
8525	0	0.0119	0.0111	0.0331	7.94	7.85	4.96	157	43.5	17.1	14.8	2.95	2.79
8530	0.0129	0.0164	0.0387	0.0457	8.02	7.67	4.97	162	44.1	17	14.1	3.01	2.79
8535	0.0181	0.0168	0.0543	0.0469	8.09	7.69	4.96	167	44.3	17	13.5	3.03	2.79
8540	0.0216	0.0163	0.0648	0.0455	8.13	7.74	4.95	169	45.5	16.9	13	3.01	2.8
8545	0	0.0124	0	0.0347	8.12	7.76	4.94	170	45.9	16.9	12.9	2.98	2.8
8550	0.0002	0.00462	0.0006	0.013	8.11	7.76	4.93	171	46.1	16.9	12.9	2.96	2.81
8555	0	0.0115	0.0111	0.0322	8.14	7.84	4.93	169	46.8	16.8	12.6	2.84	2.8
8560	0	0.0114	0	0.0319	8.12	7.82	4.93	170	46.8	16.8	12.5	2.84	2.8
8565	0	0.00419	0	0.0117	8.11	7.81	4.92	170	46.8	16.8	12.6	2.84	2.8
8570	0	0.00101	0	0.00281	8.11	7.83	4.91	171	47.2	16.7	12.6	2.82	2.79
8575	0.03	0.00843	0.09	0.0234	8.18	7.9	4.91	172	47.8	16.6	12.2	2.71	2.78
8580	0	0.00921	0	0.0256	8.17	7.88	4.9	173	47.7	16.6	12.1	2.71	2.78
8585	0	0.00349	0	0.00967	8.16	7.87	4.89	174	47.7	16.6	12.1	2.72	2.77
8590	0	0.000845	0	0.00234	8.16	7.89	4.88	175	48	16.5	12.2	2.7	2.77
8595	0.0058	0.00128	0.0174	0.00354	8.19	7.91	4.88	176	48.4	16.5	12	2.65	2.77
8600	0	0.000591	0	0.00163	8.19	7.93	4.87	176	48.7	16.4	11.9	2.61	2.76
8605	0	0.0208	0.0444	0.0569	8.21	8.01	4.89	171	48.5	16.3	11.4	2.44	2.74
8610	0.0006	0.0236	0.0018	0.0643	8.2	7.97	4.89	174	48.6	16.4	11.4	2.43	2.73
8615	0	0.00963	0	0.0264	8.19	7.94	4.89	174	48.3	16.5	11.4	2.49	2.74
8620	0.0001	0.00251	0.0003	0.0069	8.19	7.94	4.89	174	48.4	16.5	11.4	2.51	2.74
8625	0	0.000497	0	0.00136	8.18	7.95	4.88	175	48.7	16.4	11.4	2.5	2.74
8630	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000219	8.18	7.98	4.88	175	49	16.4	11.3	2.47	2.74
8635	0	0.0000108	0	0.0000287	8.17	8	4.87	174	49.4	16.4	11.3	2.42	2.73
8640	0	0.0000012	0	2.51E-06	8.17	8.02	4.87	174	49.8	16.3	11.2	2.38	2.73
8645	0	1.02E-07	0	-4.57E-07	8.16	8.03	4.86	173	50.1	16.3	11.1	2.33	2.73
8650	0	4E-09	0	-6.75E-07	8.15	8.05	4.86	173	50.4	16.3	11.1	2.29	2.72
8655	0	-7.48E-10	0	-6.31E-07	8.15	8.06	4.85	172	50.7	16.2	11	2.25	2.72
8660	0	-7.42E-10	0	-5.74E-07	8.14	8.08	4.85	171	51	16.2	10.9	2.22	2.72
8665	0	-7.05E-10	0	-5.18E-07	8.14	8.09	4.85	171	51.2	16.2	10.8	2.18	2.71
8670	0	-6.98E-10	0	-4.67E-07	8.13	8.11	4.85	170	51.5	16.1	10.7	2.14	2.71
8675	0.0225	0.00233	0.0675	0.00629	8.25	8.13	4.84	176	51.4	16.1	10.6	2.1	2.71
8680	0.0014	0.00485	0.0042	0.0131	8.25	8.12	4.84	177	51.6	16.1	10.6	2.09	2.7
8685	0.0051	0.00273	0.0153	0.00738	8.27	8.12	4.84	177	51.5	16.1	10.5	2.09	2.7
8690	0.0085	0.00422	0.0255	0.0114	8.29	8.12	4.84	179	51.5	16	10.4	2.08	2.7
8695	0.0126	0.00552	0.0378	0.0149	8.31	8.12	4.84	178	51.4	16	10.2	2.08	2.7
8700	0.0033	0.00698	0.0099	0.0188	8.31	8.12	4.85	180	51.4	16.1	10.2	2.08	2.7
8705	0.0251	0.00988	0.0753	0.0266	8.33	8.13	4.86	179	51.2	16.1	10	2.07	2.69
8710	0.0162	0.0157	0.0486	0.0423	8.33	8.13	4.87	179	51.2	16.1	9.91	2.07	2.69
8715	0.0018	0.0107	0.0054	0.0289	8.33	8.11	4.88	180	51.1	16.2	9.9	2.11	2.69
8720	0.02	0.00918	0.06	0.0247	8.34	8.11	4.89	179	50.8	16.3	9.77	2.11	2.69
8725	0	0.00817	0	0.022	8.34	8.1	4.9	180	50.9	16.3	9.79	2.14	2.69
8730	0.0086	0.0041	0.0258	0.0111	8.34	8.09	4.9	179	50.7	16.4	9.72	2.16	2.69
8735	0.0116	0.00748	0.0348	0.0202	8.35	8.11	4.91	178	50.8	16.4	9.64	2.15	2.69
8740	0.0123	0.0103	0.0369	0.0278	8.35	8.11	4.92	178	50.8	16.4	9.58	2.14	2.69
8745	0.03	0.00991	0.09	0.0266	8.35	8.12	4.93	173	50.3	16.4	9.35	2.12	2.69
8750	0.0006	0.0145	0.0018	0.0391	8.35	8.11	4.94	177	50.6	16.5	9.39	2.12	2.69
8755	0.01	0.0106	0.03	0.0285	8.35	8.1	4.95	177	50.4	16.6	9.36	2.14	2.7
8760	0.0033	0.0061	0.0099	0.0165	8.35	8.08	4.95	176	50.3	16.7	9.34	2.17	2.7
8765	0.02	0.00673	0.06	0.0182	8.35	8.1	4.96						

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

8775	0.01	0.0119	0.03	0.0323	8.36	8.1	4.98	175	50.2	16.9	9.14	2.14	2.7
8780	0.01	0.00936	0.03	0.0254	8.36	8.1	4.99	174	50.1	17	9.1	2.15	2.71
8785	0.01	0.00944	0.03	0.0256	8.35	8.1	5	174	50.1	17	9.07	2.15	2.71
8790	0.0272	0.0111	0.0816	0.0301	8.36	8.11	5.01	170	49.8	17.1	8.91	2.12	2.71
8795	0	0.0132	0	0.0359	8.35	8.1	5.02	173	49.9	17.2	8.97	2.13	2.72
8800	0.0212	0.0109	0.0636	0.0296	8.35	8.1	5.03	171	49.6	17.3	8.92	2.12	2.72
8805	0.0213	0.0183	0.0639	0.0497	8.35	8.11	5.04	171	49.6	17.3	8.89	2.1	2.72
8810	0	0.0117	0	0.0318	8.35	8.08	5.04	172	49.6	17.5	8.94	2.14	2.73
8815	0.03	0.0107	0.09	0.0292	8.35	8.1	5.05	168	49.2	17.5	8.83	2.11	2.73
8820	0	0.0129	0	0.0352	8.34	8.09	5.05	170	49.4	17.5	8.87	2.12	2.73
8825	0.0138	0.00847	0.0414	0.0232	8.34	8.09	5.05	168	49.2	17.6	8.82	2.13	2.73
8830	0.0088	0.00741	0.0264	0.0203	8.34	8.09	5.05	167	49.1	17.6	8.78	2.13	2.74
8835	0.0321	0.0165	0.0963	0.0449	8.34	8.11	5.06	167	49	17.6	8.74	2.06	2.73
8840	0	0.0153	0	0.0419	8.33	8.09	5.07	168	49.1	17.7	8.81	2.1	2.73
8845	0	0.00582	0	0.016	8.33	8.07	5.08	169	48.9	17.7	8.89	2.14	2.74
8850	0.01	0.002	0.03	0.00549	8.33	8.08	5.05	166	48.8	17.6	8.83	2.14	2.75
8855	0.0203	0.0112	0.0609	0.0306	8.33	8.11	5.06	166	49.1	17.5	8.78	2.09	2.74
8860	0.0009	0.00904	0.0027	0.0248	8.33	8.1	5.05	167	49.1	17.6	8.8	2.1	2.74
8865	0.0146	0.00616	0.0438	0.0169	8.33	8.1	5.05	165	48.9	17.5	8.74	2.09	2.74
8870	0	0.00627	0	0.0172	8.32	8.09	5.04	166	49	17.5	8.79	2.09	2.75
8875	0.0172	0.00429	0.0516	0.0118	8.32	8.1	5.04	162	48.8	17.4	8.68	2.08	2.75
8880	0.0315	0.0131	0.0945	0.0359	8.32	8.13	5.04	160	48.7	17.3	8.57	2.03	2.74
8885	0.0064	0.018	0.0192	0.0493	8.32	8.11	5.05	163	48.8	17.4	8.61	2.02	2.74
8890	0.0016	0.0113	0.0048	0.0311	8.31	8.09	5.04	164	48.7	17.4	8.69	2.06	2.74
8895	0.0181	0.00813	0.0543	0.0223	8.31	8.1	5.04	162	48.4	17.4	8.66	2.06	2.74
8900	0.0146	0.0114	0.0438	0.0312	8.31	8.1	5.04	162	48.4	17.4	8.63	2.05	2.74
8905	0.0242	0.0111	0.0726	0.0304	8.31	8.1	5.04	157	48.1	17.4	8.5	2.04	2.74
8910	0.0275	0.0236	0.0825	0.0645	8.31	8.11	5.05	160	48	17.3	8.52	2.01	2.73
8915	0	0.0168	0	0.046	8.3	8.08	5.05	161	48.1	17.4	8.61	2.05	2.74
8920	0.0003	0.00586	0.0009	0.0161	8.3	8.06	5.04	162	47.9	17.4	8.68	2.09	2.75
8925	0.0029	0.00198	0.0087	0.00544	8.29	8.06	5.03	161	47.9	17.4	8.72	2.11	2.75
8930	0.02	0.00231	0.06	0.00636	8.3	8.08	5.03	157	47.8	17.3	8.6	2.08	2.75
8935	0.0191	0.0138	0.0573	0.0379	8.29	8.11	5.03	159	48	17.1	8.6	2.04	2.74
8940	0	0.0107	0	0.0294	8.29	8.09	5.02	160	48	17.2	8.67	2.05	2.74
8945	0	0.00374	0	0.0103	8.28	8.07	5.01	160	47.9	17.1	8.75	2.07	2.74
8950	0	0.000872	0	0.00239	8.28	8.08	5.01	161	48	17.1	8.81	2.08	2.74
8955	0	0.000157	0	0.000429	8.27	8.09	5	161	46.2	17	8.85	2.07	2.74
8960	0	0.0141	1.38	0.0391	7.37	7.61	5.01	119	41	17.1	13.2	2.52	2.76
8965	0	0.0177	0	0.0493	7.34	7.57	5	119	40.3	17.1	16.9	2.89	2.78
8970	0	0.0156	0.00708	0.0434	7.45	7.57	4.99	127	41.1	17	18.3	2.98	2.79
8975	0	0.0139	0.00177	0.0388	7.5	7.57	4.98	130	41.3	16.9	18.9	3.03	2.79
8980	0	0.00881	0	0.0247	7.5	7.58	4.96	131	41.7	16.9	19.2	3.06	2.8
8985	0	0.00292	0	0.0082	7.53	7.58	4.95	133	41.8	16.9	18.9	3.08	2.8
8990	0	0.000665	0	0.00186	7.59	7.58	4.94	136	41.8	16.8	18.1	3.08	2.8
8995	0.0001	0.000117	0.0003	0.000326	7.64	7.59	4.93	138	41.9	16.7	17.1	3.07	2.8
9000	0	0.0000168	0	0.0000458	7.67	7.59	4.93	140	42	16.7	16.3	3.07	2.79
9005	0	1.98E-06	0	0.0000044	7.68	7.6	4.92	140	42.1	16.6	15.5	3.06	2.79
9010	0	1.81E-07	0	-5.68E-07	7.7	7.6	4.92	141	42.1	16.6	14.9	3.05	2.78
9015	0.005	0.000586	0.015	0.00162	7.81	7.61	4.91	147	42.2	16.5	14.4	3.04	2.77
9020	0.0076	0.00134	0.0228	0.00372	7.93	7.61	4.9	152	42.3	16.5	13.7	3.03	2.77
9025	0.0146	0.00659	0.0438	0.0182	8.03	7.63	4.89	158	42.4	16.4	13	3.02	2.76
9030	0.0001	0.00417	0.0003	0.0115	8.03	7.68	4.88	159	43.7	16.4	12.6	2.95	2.77
9035	0.0054	0.00204	0.0162	0.00564	8.06	7.73	4.88	161	44.2	16.3	12.1	2.84	2.76
9040	0.013	0.00273	0.039	0.00754	8.14	7.79	4.87	162	44.9	16.3	11.5	2.73	2.76
9045	0.0415	0.0158	0.125	0.0434	8.2	7.89	4.88	163	46.2	16.2	10.9	2.57	2.75
9050	0.0628	0.0334	0.188	0.0912	8.24	7.95	4.9	161	46.6	16.1	10.3	2.44	2.74
9055	0	0.0342	0	0.0938	8.24	7.93	4.91	168	47.1	16.3	10.2	2.47	2.74
9060	0	0.015	0	0.0414	8.24	7.9	4.91	169	47	16.5	10.3	2.53	2.76
9065	0.0764	0.0106	0.229	0.0297	8.28	7.98	4.92	154	46.7	16.4	9.38	2.4	2.76
9070	0.0438	0.0463	0.131	0.126	8.3	8.02	4.95	165	46.9	16.3	9.26	2.3	2.73
9075	0.0188	0.0453	0.0564	0.124	8.31	7.98	4.97	168	47.1	16.6	9.24	2.32	2.74
9080	0	0.0214	0	0.0592	8.3	7.95	4.98	169	47	16.8	9.3	2.39	2.76
9085	0.0003	0.00638	0.0009	0.0178	8.3	7.93	4.98	170	47	17	9.35	2.44	2.78
9090	0.0145	0.0058	0.0435	0.0162	8.31	7.97	4.98	168	47.3	16.9	9.24	2.41	2.79
9095	0.0062	0.00521	0.0186	0.0145	8.31	7.97	4.98	167	47.4	16.9	9.14	2.4	2.79
9100	0.0014	0.00388	0.0042	0.0108	8.31	7.98	4.98	168	47.6	16.9	9.12	2.39	2.79
9105	0.0006	0.00198	0.0018	0.00551	8.31	7.99	4.97	169	48	16.9	9.13	2.36	2.79
9110	0.0027	0.000934	0.0081	0.0026	8.31	8.01	4.97	168	48.3	16.9	9.08	2.32	2.78
9115	0.0001	0.000528	0.0003	0.00147	8.31	8.03	4.96	169	48.7	16.9	9.08	2.28	2.78
9120	0.0006	0.000228	0.0024	0.000634	8.31	8.05	4.96	169	49	16.8	9.07	2.23	2.78
9125	0.0024	0.000213	0.0072	0.000592	8.32	8.07	4.96	169	49.4	16.8	9.02	2.19	2.78
9130	0.0152	0.00227	0.0456	0.00628	8.33	8.1	4.96	167	49.5	16.7	8.85	2.13	2.77
9135	0.0311	0.0175	0.0933	0.0484	8.34	8.13	4.97	168	49.6	16.7	8.72	2.04	2.76
9140	0.0053	0.0159	0.0159	0.044	8.34	8.12	4.98	168	49.7	16.8	8.66	2.04	2.78
9145	0.0059	0.00903	0.0177	0.025	8.35	8.11	4.99	168	49.5	16.9	8.6	2.05	2.77
9150	0	0.00394	0	0.0109	8.34	8.1	4.99	169	49.4	17	8.6	2.07	2.77
9155	0	0.00111	0	0.00307	8.34	8.1	4.98	169	49.5	17	8.62	2.08	2.78
9160	0.0309	0.00237	0.0927	0.00855	8.35	8.13	4.99	162	49.3	16.9	8.34	2.03	2.77
9165	0.0079	0.0156	0.0237	0.0432	8.36	8.14	5	167	49.7	16.9	8.34	1.99	2.76
9170	0.0044	0.0111	0.0132	0.0306	8.35	8.12	5.01	167	49.6	17.1	8.33	2.01	2.77
9175	0.0203	0.0112	0.0609	0.0309	8.36	8.13	5.02	166	49.3	17.1	8.27	2	2.77
9180	0.0176	0.014	0.0528	0.0388	8.36	8.13	5.03	165	49.2	17.2	8.21	1.99	2.77
9185	0.0304	0.0153	0.0912	0.0423	8.36	8.13	5.04	161	48.8	17.3	8.07	1.97	2.77
9190	0.0082	0.018	0.0246	0.0498	8.35	8.12	5.06	163	48.8	17.4	8.08	1.99	2.77
9195	0	0.0116	0	0.0323	8.35	8.1	5.06	165	48.7	17.5	8.17	2.03	2.77
9200	0	0.00434	0	0.0121	8.34	8.08	5.06	165	48.6	17.5	8.25	2.07	2.78
9205	0	0.00108	0	0.00302	8.34	8.08	5.05	166	48.6	17.5	8.31	2.08	2.79
9210	0	0.000207	0	0.000576	8.33	8.09	5.05	166	48.8	17.4	8.36	2.08	2.79
9215	0.0083	0.000819	0.0189	0.00172	8.34	8.11	5.04	165	49.1	17.4	8.31	2.05	2.78
9220	0.0004	0.000822	0.0012	0.00256	8.34	8.12	5.03	165	49.3	17.3	8.3	2.03	2.78
9225	0	0.000321	0	0.000893	8.33	8.13	5.03	165	49.5	17.3	8.32	2	2.78
9230	0	0.0000684	0	0.00019	8.33	8.14	5.02	166</					

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

9240	0.0204	0.0196	10.2	0.056	7.49	7.66	5.06	130	43.1	17.4	13.3	2.5	2.83
9245	0	0.0231	0.00177	0.0667	7.74	7.66	5.04	146	42.7	17.4	15.2	2.9	2.87
9250	0	0.0134	0	0.0389	7.75	7.63	5.03	147	44.2	17.4	15.7	2.83	2.9
9255	0	0.0119	0.0111	0.0346	7.94	7.65	5.01	157	43.4	17.2	15	2.94	2.91
9260	0.0129	0.0164	0.0387	0.0477	8.02	7.67	5	162	44.1	17.1	14.2	3	2.91
9265	0.0181	0.0168	0.0543	0.0489	8.09	7.69	4.99	167	44.4	17.1	13.6	3.03	2.91
9270	0.0216	0.0163	0.0648	0.0474	8.13	7.74	4.98	169	45.2	17	13.1	2.99	2.92
9275	0	0.0124	0	0.0362	8.12	7.76	4.97	170	45.9	17.1	13	2.97	2.92
9280	0.0002	0.00462	0.0006	0.0135	8.11	7.76	4.96	171	46.1	17	13	2.96	2.93
9285	0	0.0115	0.0111	0.0336	8.14	7.84	4.96	169	46.8	16.9	12.6	2.84	2.92
9290	0	0.0114	0	0.0333	8.12	7.82	4.96	170	46.8	16.9	12.6	2.83	2.92
9295	0	0.00419	0	0.0122	8.11	7.81	4.94	170	46.8	16.9	12.7	2.84	2.92
9300	0	0.00101	0	0.00293	8.11	7.83	4.94	171	47.2	16.9	12.7	2.82	2.91
9305	0.03	0.00843	0.09	0.0244	8.18	7.9	4.93	172	47.8	16.7	12.2	2.71	2.9
9310	0	0.00921	0	0.0267	8.17	7.88	4.93	173	47.7	16.7	12.2	2.71	2.89
9315	0	0.00349	0	0.0101	8.16	7.87	4.92	174	47.7	16.7	12.2	2.72	2.89
9320	0	0.000845	0	0.00244	8.16	7.89	4.91	175	48	16.7	12.2	2.7	2.89
9325	0.0058	0.00128	0.0174	0.0037	8.19	7.91	4.91	176	48.4	16.6	12.1	2.66	2.88
9330	0	0.000591	0	0.0017	8.19	7.93	4.9	176	48.7	16.6	12	2.61	2.88
9335	0	0.0208	0.0444	0.0593	8.21	8.01	4.92	171	48.5	16.4	11.5	2.44	2.85
9340	0.0006	0.0236	0.0018	0.0671	8.2	7.97	4.92	174	48.6	16.5	11.4	2.44	2.85
9345	0	0.00963	0	0.0275	8.19	7.94	4.92	174	48.3	16.6	11.5	2.49	2.86
9350	0.0001	0.00251	0.0003	0.0072	8.19	7.94	4.92	175	48.3	16.6	11.5	2.52	2.86
9355	0	0.000497	0	0.00142	8.18	7.95	4.91	175	48.6	16.6	11.5	2.51	2.86
9360	0.0001	0.000801	0.0003	0.000228	8.18	7.97	4.9	175	49	16.5	11.4	2.47	2.86
9365	0	0.000108	0	0.0000299	8.17	7.99	4.9	174	49.4	16.5	11.4	2.43	2.85
9370	0	0.0000012	0	2.58E-06	8.17	8.01	4.9	174	49.7	16.4	11.3	2.38	2.85
9375	0	1.02E-07	0	-5.15E-07	8.16	8.03	4.89	173	50	16.4	11.2	2.34	2.85
9380	0	4E-09	0	-7.43E-07	8.15	8.05	4.89	173	50.4	16.4	11.1	2.3	2.84
9385	0	-7.49E-10	0	-6.94E-07	8.15	8.06	4.88	172	50.7	16.3	11.1	2.26	2.84
9390	0	-7.42E-10	0	-6.33E-07	8.14	8.08	4.88	171	51	16.3	11	2.22	2.84
9395	0	-7.05E-10	0	-5.29E-07	8.14	8.1	4.88	171	51.2	16.3	10.9	2.18	2.83
9400	0	-6.98E-10	0	-5.01E-07	8.13	8.11	4.87	170	51.5	16.3	10.8	2.15	2.83
9405	0.0225	0.00233	0.0675	0.00657	8.25	8.13	4.87	176	51.4	16.2	10.7	2.1	2.82
9410	0.0014	0.00485	0.0042	0.0137	8.25	8.12	4.87	177	51.6	16.2	10.7	2.09	2.82
9415	0.0051	0.00273	0.0153	0.0077	8.27	8.12	4.87	177	51.5	16.2	10.6	2.09	2.82
9420	0.0085	0.00422	0.0255	0.0119	8.29	8.12	4.87	179	51.5	16.2	10.5	2.08	2.82
9425	0.0126	0.00552	0.0378	0.0156	8.31	8.12	4.87	178	51.4	16.2	10.3	2.08	2.82
9430	0.0033	0.00698	0.0099	0.0197	8.31	8.12	4.87	180	51.4	16.2	10.3	2.09	2.82
9435	0.0251	0.00988	0.0753	0.0278	8.33	8.13	4.88	179	51.2	16.2	10.1	2.07	2.81
9440	0.0162	0.0157	0.0486	0.0442	8.33	8.13	4.9	179	51.2	16.2	9.98	2.07	2.81
9445	0.0018	0.0107	0.0054	0.0302	8.33	8.11	4.91	180	51.1	16.4	9.97	2.11	2.81
9450	0.02	0.00918	0.06	0.0259	8.34	8.11	4.92	179	50.8	16.4	9.84	2.11	2.82
9455	0	0.00817	0	0.0231	8.34	8.1	4.93	180	50.9	16.5	9.86	2.14	2.82
9460	0.0086	0.0041	0.0258	0.0116	8.34	8.09	4.93	179	50.7	16.5	9.79	2.16	2.82
9465	0.0116	0.00748	0.0348	0.0211	8.35	8.11	4.94	178	50.8	16.5	9.71	2.15	2.82
9470	0.0123	0.0103	0.0369	0.0291	8.35	8.11	4.95	178	50.8	16.6	9.64	2.14	2.82
9475	0.03	0.00991	0.09	0.028	8.35	8.12	4.96	173	50.3	16.6	9.41	2.12	2.82
9480	0.0006	0.0145	0.0018	0.0411	8.35	8.11	4.98	177	50.6	16.7	9.45	2.13	2.83
9485	0.01	0.0106	0.03	0.0299	8.35	8.1	4.98	177	50.4	16.8	9.42	2.14	2.83
9490	0.0033	0.0061	0.0099	0.0173	8.35	8.08	4.99	176	50.3	16.9	9.4	2.17	2.84
9495	0.02	0.00873	0.06	0.0191	8.35	8.1	5	173	50.2	16.9	9.26	2.15	2.84
9500	0.01	0.0104	0.03	0.0295	8.36	8.1	5.01	174	50.2	17	9.21	2.14	2.84
9505	0.01	0.0119	0.03	0.034	8.36	8.1	5.02	175	50.2	17.1	9.2	2.14	2.85
9510	0.01	0.00936	0.03	0.0267	8.36	8.09	5.03	174	50.1	17.2	9.15	2.15	2.85
9515	0.01	0.00944	0.03	0.027	8.36	8.09	5.03	174	50	17.3	9.12	2.15	2.86
9520	0.0272	0.0111	0.0816	0.0317	8.36	8.11	5.04	170	49.8	17.3	8.97	2.12	2.86
9525	0	0.0132	0	0.0379	8.35	8.1	5.05	173	49.9	17.4	9.02	2.13	2.86
9530	0.0212	0.0109	0.0636	0.0312	8.35	8.1	5.06	171	49.6	17.5	8.97	2.12	2.86
9535	0.0213	0.0183	0.0639	0.0524	8.35	8.11	5.08	171	49.6	17.6	8.94	2.11	2.86
9540	0	0.0117	0	0.0335	8.35	8.08	5.08	172	49.6	17.7	8.99	2.14	2.87
9545	0.03	0.0107	0.09	0.0308	8.35	8.1	5.08	168	49.2	17.7	8.88	2.11	2.87
9550	0	0.0129	0	0.0371	8.34	8.09	5.09	170	49.4	17.7	8.92	2.12	2.88
9555	0.0138	0.00847	0.0414	0.0245	8.34	8.09	5.09	168	49.2	17.8	8.87	2.13	2.88
9560	0.0086	0.00741	0.0264	0.0214	8.34	8.08	5.09	167	49.1	17.8	8.83	2.13	2.89
9565	0.0321	0.0165	0.0963	0.0474	8.34	8.11	5.1	167	49	17.7	8.79	2.09	2.88
9570	0	0.0153	0	0.0442	8.33	8.09	5.1	168	49.1	17.8	8.86	2.1	2.89
9575	0	0.00582	0	0.0169	8.33	8.07	5.09	169	48.9	17.9	8.94	2.14	2.9
9580	0.01	0.002	0.03	0.00581	8.33	8.08	5.08	166	48.8	17.8	8.88	2.14	2.9
9585	0.0203	0.0112	0.0609	0.0323	8.33	8.11	5.08	166	49.1	17.7	8.83	2.09	2.9
9590	0.0009	0.00904	0.0027	0.0262	8.33	8.09	5.08	167	49.1	17.7	8.85	2.1	2.9
9595	0.0146	0.00616	0.0438	0.0179	8.33	8.1	5.07	165	48.9	17.7	8.79	2.09	2.9
9600	0	0.00627	0	0.0182	8.32	8.09	5.07	166	49	17.6	8.84	2.1	2.9
9605	0.0172	0.00429	0.0516	0.0125	8.33	8.1	5.06	162	48.8	17.6	8.72	2.08	2.9
9610	0.0315	0.0131	0.0945	0.0379	8.32	8.13	5.07	160	48.7	17.5	8.61	2.03	2.89
9615	0.0064	0.018	0.0192	0.0522	8.32	8.11	5.07	163	48.8	17.5	8.65	2.03	2.89
9620	0.0016	0.0113	0.0048	0.0328	8.32	8.09	5.07	164	48.7	17.6	8.73	2.06	2.9
9625	0.0181	0.00813	0.0543	0.0236	8.32	8.1	5.07	162	48.4	17.5	8.7	2.06	2.9
9630	0.0146	0.0114	0.0438	0.0329	8.32	8.1	5.07	162	48.4	17.5	8.68	2.05	2.9
9635	0.0242	0.0111	0.0726	0.0322	8.31	8.1	5.07	157	48.1	17.5	8.54	2.04	2.9
9640	0.0275	0.0236	0.0825	0.0682	8.31	8.11	5.08	160	48	17.5	8.56	2.02	2.89
9645	0	0.0168	0	0.0486	8.3	8.08	5.08	161	48.1	17.6	8.65	2.05	2.89
9650	0.0003	0.00586	0.0009	0.017	8.3	8.06	5.07	162	47.9	17.6	8.73	2.1	2.9
9655	0.0029	0.00198	0.0087	0.00576	8.3	8.06	5.06	161	47.9	17.5	8.76	2.11	2.91
9660	0.02	0.00231	0.06	0.00672	8.3	8.08	5.05	157	47.8	17.4	8.64	2.09	2.91
9665	0.0191	0.0138	0.0573	0.04	8.3	8.11	5.05	159	48	17.3	8.64	2.04	2.89
9670	0	0.0107	0	0.0311	8.29	8.09	5.05	160	48	17.3	8.71	2.05	2.9
9675	0	0.00374	0	0.0108	8.28	8.07	5.04	160	47.9	17.3	8.79	2.07	2.9
9680	0	0.000872	0	0.00253	8.28	8.08	5.03	161	47.9	17.2	8.85	2.08	2.9
9685	0	0.000157	0	0.000454	8.27	8.09	5.02	161	48.1	17.1	8.89	2.07	2.9
9690	0	0.0141	1.38	0.0412	7.38	7.61	5.04	119	41	17.2	13.3	2.53	2.92
9695	0	0.0177	0	0.0519	7.35	7.57	5.03	120	40.4	17.2	16.9	2.88	2.93
9700	0												

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

9705	0	0.0139	0.00177	0.0408	7.51	7.58	5	130	41.4	17	19	3.02	2.94
9710	0	0.00881	0	0.026	7.51	7.58	4.99	131	41.8	17	19.2	3.05	2.95
9715	0	0.00292	0	0.00862	7.5	7.58	4.97	132	41.9	16.9	19.3	3.07	2.95
9720	0	0.000665	0	0.00196	7.58	7.59	4.96	136	41.9	16.9	18.5	3.07	2.95
9725	0.0001	0.000117	0.0003	0.000343	7.62	7.59	4.96	138	42	16.8	17.5	3.07	2.94
9730	0	0.0000168	0	0.000048	7.66	7.6	4.95	139	42.1	16.8	16.6	3.06	2.93
9735	0	1.98E-06	0	4.57E-06	7.67	7.6	4.94	140	42.1	16.7	15.8	3.05	2.93
9740	0	1.81E-07	0	-6.45E-07	7.69	7.6	4.94	141	42.2	16.7	15.1	3.05	2.92
9745	0.005	0.000586	0.015	0.00171	7.81	7.61	4.93	147	42.3	16.6	14.6	3.04	2.92
9750	0.0076	0.00134	0.0228	0.0039	7.92	7.61	4.92	152	42.3	16.5	14	3.03	2.91
9755	0.0146	0.00659	0.0438	0.0191	8.02	7.63	4.91	158	42.5	16.4	13.2	3.02	2.9
9760	0.0001	0.00417	0.0003	0.0121	8.03	7.66	4.9	159	43.3	16.4	12.7	2.98	2.9
9765	0.0054	0.00204	0.0182	0.00582	8.08	7.72	4.9	161	44	16.4	12.3	2.87	2.9
9770	0.013	0.00273	0.039	0.00791	8.13	7.78	4.89	162	44.8	16.3	11.7	2.75	2.9
9775	0.0415	0.0158	0.125	0.0456	8.19	7.89	4.9	163	46.2	16.2	11	2.59	2.89
9780	0.0628	0.0334	0.188	0.0958	8.23	7.95	4.92	161	46.5	16.2	10.4	2.46	2.87
9785	0	0.0342	0	0.0985	8.23	7.92	4.93	168	47	16.4	10.4	2.48	2.88
9790	0	0.015	0	0.0435	8.23	7.89	4.94	169	46.9	16.6	10.4	2.54	2.9
9795	0.0764	0.0108	0.229	0.0312	8.28	7.97	4.95	154	46.6	16.5	9.49	2.42	2.9
9800	0.0438	0.0463	0.131	0.133	8.29	8.01	4.96	165	46.9	16.4	9.37	2.31	2.88
9805	0.0188	0.0453	0.0564	0.131	8.3	7.98	5.01	168	47	16.7	9.34	2.33	2.88
9810	0	0.0214	0	0.0624	8.3	7.94	5.01	169	46.9	17	9.4	2.41	2.91
9815	0.0003	0.00638	0.0009	0.0187	8.29	7.93	5.01	169	46.9	17.1	9.46	2.46	2.93
9820	0.0145	0.0058	0.0435	0.017	8.3	7.96	5.01	168	47.3	17.1	9.35	2.42	2.93
9825	0.0062	0.00521	0.0186	0.0153	8.31	7.97	5.01	167	47.4	17.1	9.24	2.4	2.94
9830	0.0014	0.00388	0.0042	0.0114	8.31	7.98	5.01	168	47.6	17.1	9.21	2.38	2.94
9835	0.0006	0.00198	0.0018	0.00581	8.31	7.99	5.01	169	47.9	17.1	9.22	2.36	2.94
9840	0.0027	0.000934	0.0081	0.00274	8.31	8.01	5.01	168	48.2	17.1	9.18	2.33	2.94
9845	0.0001	0.000528	0.0003	0.00155	8.31	8.03	5	169	48.6	17	9.18	2.29	2.93
9850	0.0008	0.000228	0.0024	0.000669	8.31	8.05	5	169	48.9	17	9.17	2.25	2.93
9855	0.0024	0.000213	0.0072	0.000624	8.31	8.07	4.99	169	49.3	17	9.11	2.2	2.93
9860	0.0152	0.00227	0.0456	0.00662	8.33	8.09	4.99	167	49.4	16.9	8.94	2.14	2.92
9865	0.0311	0.0175	0.0933	0.051	8.34	8.13	5.01	167	49.5	16.9	8.81	2.06	2.91
9870	0.0053	0.0159	0.0159	0.0464	8.34	8.11	5.02	168	49.6	17	8.75	2.05	2.91
9875	0.0059	0.00903	0.0177	0.0264	8.34	8.1	5.02	168	49.4	17.1	8.69	2.07	2.92
9880	0	0.00394	0	0.0115	8.34	8.09	5.02	169	49.4	17.2	8.66	2.09	2.93
9885	0	0.00111	0	0.00325	8.34	8.09	5.02	169	49.4	17.2	8.71	2.09	2.93
9890	0.0309	0.00237	0.0927	0.00692	8.35	8.12	5.02	162	49.2	17.1	8.42	2.04	2.93
9895	0.0079	0.0156	0.0237	0.0456	8.35	8.14	5.04	167	49.6	17.1	8.42	2	2.92
9900	0.0044	0.0111	0.0132	0.0324	8.35	8.12	5.05	167	49.5	17.3	8.41	2.02	2.93
9905	0.0203	0.0112	0.0609	0.0327	8.35	8.13	5.06	166	49.3	17.3	8.35	2	2.93
9910	0.0178	0.014	0.0528	0.041	8.35	8.13	5.07	165	49.1	17.4	8.29	2	2.93
9915	0.0304	0.0153	0.0912	0.0448	8.35	8.13	5.08	161	48.7	17.5	8.15	1.98	2.93
9920	0.0082	0.018	0.0246	0.0528	8.35	8.12	5.1	163	48.8	17.6	8.16	2	2.93
9925	0	0.0116	0	0.0342	8.34	8.09	5.1	165	48.7	17.7	8.25	2.04	2.94
9930	0	0.00434	0	0.0128	8.34	8.08	5.1	165	48.5	17.8	8.33	2.08	2.95
9935	0	0.00108	0	0.0032	8.34	8.08	5.09	166	48.6	17.7	8.39	2.09	2.95
9940	0	0.000207	0	0.000611	8.33	8.09	5.08	166	48.8	17.7	8.43	2.08	2.95
9945	0.0063	0.000619	0.0189	0.00182	8.34	8.11	5.08	165	49	17.6	8.39	2.06	2.95
9950	0.0004	0.000922	0.0012	0.00272	8.34	8.12	5.07	165	49.3	17.5	8.38	2.03	2.95
9955	0	0.000321	0	0.000946	8.33	8.13	5.06	165	49.5	17.5	8.39	2.01	2.95
9960	0	0.0000684	0	0.000201	8.33	8.14	5.06	166	49.7	17.4	8.41	1.98	2.94
9965	0.001	0.000771	0.00477	0.00226	8.32	8.16	5.05	160	49.7	17.3	8.27	1.95	2.94
9970	0.0204	0.0196	10.2	0.0595	7.49	7.66	5.09	130	43.6	17.6	13.4	2.52	3.01
9975	0	0.0231	0.00177	0.0718	7.73	7.66	5.07	146	42.8	17.5	15.3	2.91	3.08
9980	0	0.0134	0	0.0425	7.75	7.63	5.06	147	44.3	17.5	15.8	2.84	3.15
9985	0	0.0119	0.0111	0.0383	7.94	7.65	5.04	157	43.5	17.3	15.1	2.94	3.2
9990	0.0129	0.0164	0.0387	0.0534	8.02	7.67	5.02	163	44.1	17.2	14.3	3	3.25
9995	0.0181	0.0168	0.0543	0.0554	8.09	7.69	5.01	167	44.4	17.2	13.7	3.03	3.29
10000	0.0216	0.0163	0.0648	0.0544	8.13	7.74	5.01	169	45.5	17.1	13.2	3.01	3.33
10005	0	0.0124	0	0.0419	8.12	7.76	5	170	45.9	17.1	13.1	2.98	3.37
10010	0.0002	0.00462	0.0008	0.0158	8.11	7.77	4.99	171	46.1	17.1	13.1	2.96	3.4
10015	0	0.0115	0.0111	0.0395	8.14	7.84	4.99	169	46.8	17	12.7	2.84	3.42
10020	0	0.0114	0	0.0394	8.12	7.82	4.98	170	46.8	17	12.7	2.83	3.45
10025	0	0.00419	0	0.0146	8.12	7.82	4.97	171	46.9	17	12.7	2.84	3.47
10030	0	0.00101	0	0.0035	8.11	7.83	4.96	171	47.2	16.9	12.7	2.82	3.47
10035	0.03	0.00843	0.09	0.0294	8.18	7.9	4.96	172	47.8	16.8	12.3	2.71	3.48
10040	0	0.00921	0	0.0322	8.17	7.88	4.95	174	47.7	16.8	12.3	2.71	3.5
10045	0	0.00349	0	0.0123	8.16	7.87	4.94	174	47.7	16.8	12.3	2.72	3.51
10050	0	0.000845	0	0.00297	8.16	7.89	4.94	175	48	16.8	12.3	2.7	3.52
10055	0.0058	0.00128	0.0174	0.00451	8.19	7.91	4.93	176	48.4	16.7	12.1	2.66	3.52
10060	0	0.000591	0	0.00208	8.19	7.93	4.92	176	48.7	16.6	12.1	2.62	3.51
10065	0	0.0208	0.0444	0.0731	8.21	8.01	4.94	171	48.5	16.5	11.6	2.44	3.51
10070	0.0006	0.0236	0.0018	0.0835	8.2	7.97	4.95	174	48.6	16.6	11.5	2.44	3.54
10075	0	0.00963	0	0.0345	8.19	7.94	4.95	174	48.3	16.7	11.5	2.49	3.57
10080	0.0001	0.00251	0.0003	0.00906	8.19	7.93	4.94	175	48.3	16.7	11.6	2.52	3.59
10085	0	0.000497	0	0.00179	8.18	7.95	4.94	175	48.6	16.7	11.5	2.51	3.6
10090	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000288	8.18	7.97	4.93	175	49	16.6	11.5	2.48	3.6
10095	0	0.0000108	0	0.000038	8.17	7.99	4.93	174	49.4	16.6	11.5	2.43	3.6
10100	0	0.0000012	0	3.33E-06	8.17	8.01	4.92	174	49.7	16.5	11.4	2.39	3.59
10105	0	1.02E-07	0	-5.63E-07	8.16	8.03	4.92	173	50	16.5	11.3	2.35	3.59
10110	0	4E-09	0	-9.28E-07	8.15	8.04	4.91	173	50.3	16.5	11.2	2.31	3.58
10115	0	-7.49E-10	0	-8.98E-07	8.15	8.06	4.91	172	50.6	16.4	11.1	2.27	3.58
10120	0	-7.42E-10	0	-8.3E-07	8.14	8.08	4.9	172	50.9	16.4	11.1	2.23	3.57
10125	0	-7.05E-10	0	-7.54E-07	8.14	8.09	4.9	171	51.2	16.4	11	2.19	3.57
10130	0	-6.98E-10	0	-6.82E-07	8.13	8.11	4.9	170	51.4	16.4	10.9	2.15	3.57
10135	0.0225	0.00233	0.0675	0.00829	8.25	8.12	4.9	176	51.4	16.3	10.8	2.11	3.56
10140	0.0014	0.00485	0.0042	0.0173	8.25	8.12	4.89	177	51.5	16.3	10.7	2.1	3.57
10145	0.0051	0.00273	0.0153	0.00977	8.27	8.12	4.89	177	51.4	16.3	10.7	2.1	3.58
10150	0.0085	0.00422	0.0255	0.0151	8.29	8.12	4.89	179	51.4	16.2	10.8	2.09	3.58
10155	0.0126	0.00552	0.0376	0.0199	8.31	8.12	4.89	178	51.3	16.2	10.4	2.09	3.6
10160	0.0033	0.00698	0.0099	0.0253	8.31	8.1							

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

10170	0.0162	0.0157	0.0486	0.0579	8.33	8.13	4.93	179	51.1	16.3	10	2.08	3.67
10175	0.0018	0.0107	0.0054	0.04	8.33	8.11	4.94	180	51	16.5	10	2.11	3.71
10180	0.02	0.00918	0.06	0.0345	8.34	8.11	4.95	179	50.8	16.5	9.9	2.12	3.75
10185	0	0.00817	0	0.0311	8.34	8.1	4.96	180	50.8	16.6	9.93	2.15	3.79
10190	0.0086	0.0041	0.0258	0.0157	8.34	8.09	4.96	179	50.7	16.6	9.85	2.16	3.82
10195	0.0116	0.00748	0.0348	0.0288	8.34	8.1	4.97	178	50.8	16.7	9.77	2.15	3.84
10200	0.0123	0.0103	0.0369	0.0401	8.35	8.11	4.98	178	50.8	16.7	9.7	2.15	3.88
10205	0.03	0.00991	0.09	0.0389	8.35	8.11	4.99	173	50.3	16.8	9.47	2.12	3.91
10210	0.0006	0.0145	0.0018	0.0578	8.35	8.11	5.01	177	50.5	16.9	9.51	2.13	3.96
10215	0.01	0.0106	0.03	0.0425	8.35	8.1	5.02	177	50.4	17	9.48	2.15	4.01
10220	0.0033	0.0061	0.0099	0.0248	8.35	8.08	5.02	176	50.2	17.1	9.46	2.18	4.05
10225	0.02	0.00673	0.06	0.0275	8.35	8.1	5.03	173	50.1	17.1	9.32	2.16	4.08
10230	0.01	0.0104	0.03	0.0427	8.36	8.1	5.04	174	50.2	17.2	9.27	2.14	4.11
10235	0.01	0.0119	0.03	0.0498	8.36	8.1	5.05	175	50.2	17.3	9.25	2.14	4.15
10240	0.01	0.00936	0.03	0.0394	8.36	8.09	5.06	174	50	17.4	9.21	2.15	4.2
10245	0.01	0.00944	0.03	0.0401	8.36	8.09	5.07	174	50	17.4	9.17	2.16	4.24
10250	0.0272	0.0111	0.0816	0.0474	8.36	8.11	5.08	170	49.7	17.5	9.02	2.13	4.27
10255	0	0.0132	0	0.0572	8.35	8.1	5.08	173	49.9	17.6	9.08	2.14	4.31
10260	0.0212	0.0109	0.0636	0.0476	8.35	8.1	5.09	171	49.6	17.7	9.02	2.13	4.35
10265	0.0213	0.0183	0.0639	0.0805	8.35	8.11	5.1	171	49.6	17.7	8.99	2.11	4.39
10270	0	0.0117	0	0.0518	8.35	8.08	5.11	172	49.5	17.9	9.04	2.14	4.43
10275	0.03	0.0107	0.09	0.0479	8.35	8.1	5.11	168	49.2	17.9	8.93	2.12	4.46
10280	0	0.0129	0	0.058	8.34	8.09	5.11	170	49.4	17.9	8.97	2.14	4.49
10285	0.0138	0.00847	0.0414	0.0384	8.34	8.09	5.11	168	49.1	17.9	8.92	2.13	4.52
10290	0.0088	0.00741	0.0264	0.0337	8.34	8.08	5.11	167	49.1	17.9	8.87	2.14	4.54
10295	0.0321	0.0165	0.0963	0.0751	8.34	8.11	5.12	167	48.9	17.9	8.84	2.09	4.56
10300	0	0.0153	0	0.0703	8.33	8.09	5.12	168	49.1	18	8.91	2.11	4.59
10305	0	0.00582	0	0.0269	8.33	8.07	5.11	169	48.9	18	8.99	2.14	4.61
10310	0.01	0.002	0.03	0.00924	8.33	8.08	5.11	166	48.8	17.9	8.92	2.15	4.62
10315	0.0203	0.0112	0.0609	0.0516	8.33	8.11	5.11	166	49	17.8	8.88	2.1	4.62
10320	0.0009	0.00904	0.0027	0.0419	8.33	8.09	5.1	167	49.1	17.8	8.9	2.1	4.63
10325	0.0146	0.00616	0.0438	0.0286	8.33	8.1	5.09	165	48.9	17.7	8.83	2.09	4.63
10330	0	0.00627	0	0.0291	8.32	8.09	5.09	166	49	17.7	8.88	2.1	4.64
10335	0.0172	0.00429	0.0516	0.0199	8.33	8.1	5.08	162	48.8	17.6	8.77	2.09	4.64
10340	0.0315	0.0131	0.0945	0.0608	8.32	8.12	5.09	160	48.6	17.5	8.65	2.03	4.63
10345	0.0064	0.018	0.0192	0.084	8.32	8.11	5.09	163	48.8	17.6	8.7	2.03	4.65
10350	0.0016	0.0113	0.0048	0.053	8.32	8.09	5.09	164	48.7	17.7	8.78	2.06	4.68
10355	0.0181	0.00813	0.0543	0.0381	8.32	8.09	5.09	162	48.4	17.6	8.74	2.06	4.69
10360	0.0148	0.0114	0.0438	0.0534	8.32	8.1	5.09	162	48.4	17.6	8.72	2.06	4.7
10365	0.0242	0.0111	0.0726	0.0523	8.31	8.1	5.09	158	48.1	17.6	8.58	2.05	4.71
10370	0.0275	0.0236	0.0825	0.112	8.31	8.11	5.1	160	48	17.5	8.6	2.02	4.72
10375	0	0.0168	0	0.0798	8.3	8.08	5.1	161	48	17.6	8.69	2.05	4.75
10380	0.0003	0.00586	0.0009	0.028	8.3	8.06	5.09	162	47.8	17.7	8.77	2.1	4.77
10385	0.0029	0.00196	0.0087	0.00944	8.3	8.06	5.08	161	47.8	17.6	8.8	2.12	4.77
10390	0.02	0.00231	0.06	0.011	8.3	8.08	5.07	157	47.8	17.5	8.68	2.09	4.76
10395	0.0191	0.0138	0.0573	0.0655	8.3	8.11	5.07	159	48	17.3	8.68	2.04	4.74
10400	0	0.0107	0	0.0509	8.29	8.09	5.07	160	48	17.3	8.75	2.05	4.74
10405	0	0.00374	0	0.0177	8.28	8.07	5.06	161	47.9	17.3	8.83	2.08	4.74
10410	0	0.000872	0	0.00412	8.28	8.08	5.05	161	47.9	17.3	8.89	2.08	4.73
10415	0	0.000157	0	0.000735	8.27	8.09	5.04	161	48.1	17.2	8.93	2.07	4.71
10420	0	0.0141	1.38	0.0666	7.38	7.61	5.05	119	41	17.3	13.3	2.53	4.72
10425	0	0.0177	0	0.0834	7.36	7.58	5.04	120	40.5	17.2	16.9	2.88	4.71
10430	0	0.0156	0.00708	0.073	7.46	7.58	5.03	128	41.3	17.1	18.4	2.97	4.7
10435	0	0.0139	0.00177	0.0647	7.51	7.58	5.02	130	41.5	17.1	19	3.02	4.67
10440	0	0.00881	0	0.0409	7.51	7.59	5	132	41.8	17	19.3	3.05	4.65
10445	0	0.00292	0	0.0135	7.51	7.59	4.99	132	42	17	19.3	3.06	4.62
10450	0	0.000685	0	0.00305	7.55	7.59	4.98	135	42	16.9	18.8	3.06	4.6
10455	0.0001	0.000117	0.0003	0.00053	7.61	7.6	4.97	137	42.1	16.9	17.9	3.06	4.57
10460	0	0.0000168	0	0.000072	7.64	7.6	4.96	139	42.1	16.8	17	3.06	4.55
10465	0	1.98E-06	0	4.92E-06	7.66	7.6	4.96	140	42.2	16.7	16.1	3.05	4.53
10470	0	1.81E-07	0	-2.89E-06	7.68	7.61	4.95	140	42.2	16.7	15.4	3.04	4.51
10475	0.005	0.000586	0.015	0.00262	7.8	7.61	4.94	147	42.3	16.6	14.9	3.04	4.49
10480	0.0076	0.00134	0.0228	0.00598	7.91	7.61	4.94	152	42.3	16.6	14.2	3.03	4.46
10485	0.0146	0.00659	0.0438	0.0291	8.02	7.63	4.93	158	42.5	16.5	13.4	3.02	4.43
10490	0.0001	0.00417	0.0003	0.0183	8.02	7.65	4.92	159	42.9	16.4	12.9	3.01	4.4
10495	0.0054	0.00204	0.0162	0.00891	8.07	7.71	4.91	160	43.9	16.4	12.4	2.9	4.38
10500	0.013	0.00273	0.039	0.0119	8.13	7.77	4.9	162	44.7	16.4	11.8	2.77	4.36
10505	0.0415	0.0158	0.125	0.0686	8.19	7.89	4.91	163	46.1	16.3	11.2	2.61	4.35
10510	0.0628	0.0334	0.188	0.146	8.23	7.94	4.93	161	46.4	16.2	10.5	2.48	4.36
10515	0	0.0342	0	0.151	8.23	7.91	4.95	168	46.9	16.4	10.5	2.5	4.41
10520	0	0.015	0	0.0673	8.23	7.89	4.95	169	46.8	16.6	10.5	2.56	4.47
10525	0.0764	0.0108	0.229	0.0487	8.28	7.97	4.96	154	46.6	16.6	9.58	2.43	4.51
10530	0.0438	0.0463	0.131	0.212	8.29	8.01	5	164	46.8	16.5	9.46	2.32	4.55
10535	0.0188	0.0453	0.0584	0.211	8.3	7.97	5.02	168	47	16.7	9.43	2.34	4.64
10540	0	0.0214	0	0.102	8.29	7.93	5.03	169	46.9	17.1	9.49	2.42	4.73
10545	0.0003	0.00638	0.0009	0.0308	8.29	7.92	5.03	169	46.8	17.2	9.55	2.47	4.8
10550	0.0145	0.0058	0.0435	0.0281	8.3	7.96	5.03	168	47.2	17.2	9.44	2.44	4.83
10555	0.0062	0.00521	0.0186	0.0253	8.31	7.97	5.03	167	47.4	17.2	9.32	2.41	4.85
10560	0.0014	0.00388	0.0042	0.0189	8.3	7.98	5.03	168	47.6	17.2	9.3	2.4	4.86
10565	0.0006	0.00198	0.0018	0.00961	8.3	7.98	5.03	168	47.8	17.2	9.31	2.38	4.86
10570	0.0027	0.000934	0.0081	0.00453	8.31	8	5.02	168	48.1	17.1	9.27	2.35	4.85
10575	0.0001	0.000528	0.0003	0.00256	8.3	8.02	5.02	169	48.4	17.1	9.27	2.31	4.85
10580	0.0008	0.000228	0.0024	0.0011	8.31	8.04	5.01	169	48.8	17.1	9.26	2.27	4.83
10585	0.0024	0.000213	0.0072	0.00103	8.31	8.06	5.01	169	49.1	17	9.2	2.22	4.82
10590	0.0152	0.00227	0.0456	0.0109	8.32	8.09	5.01	167	49.3	16.9	9.03	2.16	4.81
10595	0.0311	0.0175	0.0933	0.0845	8.33	8.12	5.02	167	49.4	16.9	8.89	2.07	4.81
10600	0.0053	0.0159	0.0774	0.043	8.34	8.11	5.03	168	49.5	17.1	8.84	2.07	4.85
10605	0.0059	0.00903	0.0177	0.0443	8.34	8.09	5.04	168	49.3	17.2	8.77	2.08	4.89
10610	0	0.00394	0	0.0194	8.34	8.08	5.04	169	49.3	17.2	8.77	2.1	4.92
10615	0	0.00111	0	0.00546	8.34	8.09	5.04	169	49.3	17.2	8.79	2.11	4.93
10620	0.0309	0.00237	0.0927	0.0117	8.35	8.12	5.04	162	49.2	17.2	8.5	2.06	4.93

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

10635	0.0203	0.0112	0.0609	0.0564	8.35	8.12	5.08	166	49.2	17.4	8.43	2.02	5.03
10640	0.0176	0.014	0.0528	0.0712	8.35	8.12	5.09	165	49.1	17.5	8.36	2.01	5.07
10645	0.0304	0.0153	0.0912	0.0784	8.35	8.12	5.1	161	48.6	17.6	8.22	1.99	5.11
10650	0.0082	0.018	0.0246	0.0931	8.35	8.11	5.12	163	48.7	17.8	8.23	2.01	5.16
10655	0	0.0116	0	0.0606	8.34	8.09	5.12	165	48.6	17.9	8.32	2.05	5.2
10660	0	0.00434	0	0.0227	8.34	8.08	5.11	165	48.5	17.9	8.4	2.08	5.22
10665	0	0.00108	0	0.00566	8.33	8.08	5.11	166	48.5	17.8	8.46	2.1	5.22
10670	0	0.000207	0	0.00108	8.33	8.09	5.1	166	48.8	17.8	8.51	2.09	5.22
10675	0.0063	0.000619	0.0189	0.00321	8.34	8.11	5.09	165	49	17.7	8.46	2.07	5.2
10680	0.0004	0.000922	0.0012	0.00476	8.33	8.12	5.09	165	49.3	17.6	8.45	2.04	5.18
10685	0	0.000321	0	0.00165	8.33	8.13	5.08	165	49.5	17.6	8.46	2.02	5.16
10690	0	0.0000684	0	0.000347	8.33	8.14	5.07	166	49.7	17.5	8.48	1.99	5.14
10695	0.001	0.000771	0.00477	0.00393	8.32	8.16	5.07	160	49.7	17.4	8.34	1.95	5.11
10700	0.0204	0.0196	10.2	0.101	7.48	7.65	5.1	130	43.1	17.6	13.5	2.52	5.15
10705	0	0.0231	0.00177	0.119	7.73	7.65	5.09	146	42.7	17.6	15.4	2.91	5.14
10710	0	0.0134	0	0.0684	7.75	7.63	5.07	147	44.3	17.6	15.9	2.84	5.12
10715	0	0.0119	0.0111	0.0601	7.94	7.65	5.05	157	43.5	17.4	15.2	2.94	5.07
10720	0.0129	0.0164	0.0387	0.0817	8.02	7.68	5.04	163	44.1	17.3	14.4	3	5.01
10725	0.0181	0.0168	0.0543	0.083	8.09	7.69	5.03	167	44.4	17.2	13.8	3.04	4.97
10730	0.0216	0.0163	0.0648	0.08	8.13	7.74	5.02	169	45.6	17.2	13.2	3.01	4.93
10735	0	0.0124	0	0.0607	8.12	7.76	5.02	170	46	17.2	13.2	2.98	4.91
10740	0.0002	0.00462	0.0006	0.0226	8.11	7.77	5.01	171	46.2	17.2	13.2	2.96	4.89
10745	0	0.0115	0.0111	0.056	8.14	7.84	5.01	169	46.9	17.1	12.8	2.84	4.87
10750	0	0.0114	0	0.0554	8.12	7.82	5	170	46.9	17.1	12.8	2.83	4.85
10755	0	0.00419	0	0.0202	8.12	7.82	4.99	171	46.9	17.1	12.8	2.84	4.84
10760	0	0.00101	0	0.00483	8.11	7.84	4.98	171	47.3	17	12.8	2.82	4.81
10765	0.03	0.00843	0.09	0.0403	8.18	7.9	4.98	173	47.8	16.9	12.4	2.71	4.78
10770	0	0.00921	0	0.0439	8.17	7.88	4.97	174	47.7	16.9	12.3	2.71	4.77
10775	0	0.00349	0	0.0166	8.16	7.87	4.97	174	47.7	16.9	12.4	2.72	4.75
10780	0	0.000645	0	0.00399	8.16	7.89	4.96	175	48	16.8	12.4	2.7	4.74
10785	0.0058	0.00128	0.0174	0.00603	8.19	7.91	4.95	176	48.4	16.8	12.2	2.66	4.71
10790	0	0.000591	0	0.00276	8.19	7.93	4.95	176	48.7	16.7	12.1	2.62	4.69
10795	0	0.0208	0.0444	0.0976	8.21	8.01	4.96	171	48.5	16.6	11.6	2.44	4.68
10800	0.0006	0.0236	0.0018	0.111	8.2	7.97	4.97	174	48.6	16.7	11.6	2.44	4.72
10805	0	0.00963	0	0.0459	8.19	7.94	4.97	174	48.3	16.8	11.6	2.5	4.75
10810	0.0001	0.00251	0.0003	0.012	8.19	7.93	4.97	175	48.3	16.8	11.6	2.53	4.77
10815	0	0.000497	0	0.00237	8.18	7.95	4.96	175	48.6	16.8	11.6	2.52	4.77
10820	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000378	8.18	7.97	4.95	175	49	16.7	11.6	2.48	4.75
10825	0	0.0000108	0	0.0000477	8.17	7.99	4.95	174	49.4	16.7	11.5	2.44	4.74
10830	0	0.0000012	0	2.43E-06	8.17	8.01	4.94	174	49.7	16.6	11.4	2.39	4.72
10835	0	1.02E-07	0	-2.69E-06	8.16	8.03	4.94	173	50	16.6	11.4	2.35	4.7
10840	0	4E-09	0	-2.98E-06	8.15	8.04	4.94	173	50.3	16.6	11.3	2.31	4.69
10845	0	-7.49E-10	0	-2.77E-06	8.15	8.06	4.93	172	50.5	16.5	11.2	2.28	4.67
10850	0	-7.42E-10	0	-2.54E-06	8.14	8.07	4.93	172	50.8	16.5	11.1	2.24	4.66
10855	0	-7.05E-10	0	-2.32E-06	8.14	8.09	4.92	171	51.1	16.5	11	2.2	4.65
10860	0	-6.98E-10	0	-2.11E-06	8.13	8.1	4.92	170	51.3	16.5	11	2.17	4.64
10865	0.0225	0.00233	0.0675	0.0107	8.25	8.12	4.92	176	51.3	16.4	10.8	2.12	4.62
10670	0.0014	0.00485	0.0042	0.0223	8.25	8.12	4.92	177	51.4	16.4	10.8	2.11	4.6
10875	0.0051	0.00273	0.0153	0.0125	8.27	8.11	4.91	177	51.4	16.4	10.7	2.11	4.59
10880	0.0085	0.00422	0.0255	0.0194	8.29	8.12	4.91	179	51.4	16.3	10.6	2.11	4.59
10885	0.0126	0.00552	0.0378	0.0254	8.3	8.12	4.92	178	51.2	16.3	10.5	2.1	4.59
10890	0.0033	0.00698	0.0099	0.0322	8.31	8.11	4.92	180	51.3	16.4	10.4	2.11	4.61
10895	0.0251	0.00988	0.0753	0.0459	8.33	8.13	4.93	179	51.1	16.4	10.2	2.09	4.63
10900	0.0162	0.0157	0.0486	0.0741	8.33	8.12	4.95	179	51.1	16.4	10.1	2.09	4.69
10905	0.0018	0.0107	0.0054	0.0512	8.33	8.1	4.96	180	51	16.6	10.1	2.12	4.75
10910	0.02	0.00918	0.06	0.0443	8.34	8.11	4.98	179	50.7	16.6	9.97	2.13	4.81
10915	0	0.00617	0	0.0399	8.34	8.09	4.98	180	50.8	16.7	9.99	2.16	4.86
10920	0.0088	0.0041	0.0258	0.0201	8.34	8.09	4.99	179	50.6	16.8	9.91	2.17	4.9
10925	0.0116	0.00748	0.0348	0.037	8.34	8.1	5	178	50.7	16.8	9.83	2.16	4.94
10930	0.0123	0.0103	0.0369	0.0515	8.35	8.1	5.01	178	50.7	16.9	9.76	2.15	4.98
10935	0.03	0.00991	0.09	0.0499	8.35	8.11	5.02	173	50.3	16.9	9.53	2.13	5.03
10940	0.0006	0.0145	0.0018	0.0742	8.35	8.1	5.04	177	50.5	17	9.57	2.14	5.09
10945	0.01	0.0106	0.03	0.0545	8.35	8.09	5.05	177	50.3	17.2	9.53	2.16	5.15
10950	0.0033	0.0061	0.0099	0.0318	8.35	8.08	5.05	176	50.2	17.2	9.52	2.18	5.19
10955	0.02	0.00673	0.06	0.0353	8.35	8.1	5.06	173	50.1	17.3	9.37	2.17	5.23
10960	0.01	0.0104	0.03	0.0547	8.36	8.1	5.07	174	50.2	17.4	9.32	2.15	5.27
10965	0.01	0.0119	0.03	0.0637	8.36	8.1	5.08	175	50.2	17.5	9.3	2.15	5.32
10970	0.01	0.00936	0.03	0.0503	8.36	8.09	5.09	174	50	17.6	9.28	2.16	5.36
10975	0.01	0.00944	0.03	0.0511	8.36	8.09	5.1	174	50	17.6	9.22	2.16	5.4
10980	0.0272	0.0111	0.0816	0.0604	8.36	8.11	5.11	170	49.7	17.7	9.07	2.13	5.44
10985	0	0.0132	0	0.0726	8.35	8.09	5.12	173	49.9	17.8	9.12	2.14	5.48
10990	0.0212	0.0109	0.0636	0.0602	8.35	8.1	5.13	171	49.6	17.9	9.07	2.13	5.51
10995	0.0213	0.0183	0.0639	0.102	8.35	8.11	5.14	171	49.6	18	9.04	2.11	5.55
11000	0	0.0117	0	0.0653	8.35	8.08	5.14	172	49.5	18.1	9.09	2.15	5.59
11005	0.03	0.0107	0.09	0.0601	8.35	8.1	5.15	168	49.2	18.1	8.97	2.12	5.6
11010	0	0.0129	0	0.0725	8.34	8.09	5.15	170	49.4	18.1	9.01	2.13	5.62
11015	0.0138	0.00647	0.0414	0.0478	8.34	8.09	5.15	168	49.1	18.2	8.98	2.14	5.64
11020	0.0088	0.00741	0.0264	0.0418	8.34	8.08	5.15	167	49.1	18.2	8.92	2.14	5.64
11025	0.0321	0.0165	0.0963	0.093	8.34	8.11	5.16	167	48.9	18.1	8.88	2.09	5.64
11030	0	0.0153	0	0.0867	8.33	8.09	5.16	168	49.1	18.2	8.95	2.11	5.66
11035	0	0.00582	0	0.033	8.33	8.07	5.15	169	48.9	18.2	9.03	2.14	5.67
11040	0.01	0.002	0.03	0.0113	8.33	8.08	5.14	166	48.8	18.1	8.96	2.15	5.66
11045	0.0203	0.0112	0.0609	0.0628	8.33	8.11	5.14	166	49	18	8.92	2.1	5.63
11050	0.0009	0.00904	0.0027	0.0507	8.33	8.09	5.14	167	49.1	18	8.94	2.1	5.62
11055	0.0146	0.00616	0.0438	0.0345	8.33	8.1	5.13	165	48.9	17.9	8.87	2.1	5.6
11060	0	0.00627	0	0.035	8.32	8.09	5.12	166	49	17.9	8.92	2.1	5.58
11065	0.0172	0.00429	0.0516	0.0238	8.33	8.1	5.12	163	48.8	17.8	8.81	2.09	5.56
11070	0.0315	0.0131	0.0945	0.0726	8.32	8.12	5.12	160	48.6	17.7	8.69	2.03	5.54
11075	0.0064	0.018	0.0192	0.1	8.32	8.11	5.13	163	48.8	17.8	8.74	2.03	5.55
11080	0.0016	0.0113	0.0048	0.063	8.32	8.09	5.13	164	48.7	17.9	8.82	2.06	5.56
11085	0.0181	0.00613	0.0543	0.0452	8.32	8.09	5.12	162	48.4	17.8	8.78	2.07	5.56
11090	0.0146	0.01											

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

11100	0.0275	0.0236	0.0625	0.131	8.31	8.11	5.13	160	48	17.7	8.64	2.02	5.55
11105	0	0.0168	0	0.0936	8.3	8.08	5.13	161	48	17.8	8.73	2.06	5.57
11110	0.0003	0.00586	0.0009	0.0327	8.3	8.06	5.13	162	47.8	17.9	8.81	2.1	5.58
11115	0.0029	0.00198	0.0087	0.011	8.3	8.06	5.12	161	47.8	17.8	8.84	2.12	5.57
11120	0.02	0.00231	0.06	0.0128	8.3	8.08	5.11	157	47.8	17.7	8.72	2.09	5.53
11125	0.0191	0.0138	0.0573	0.0759	8.3	8.1	5.11	159	48	17.5	8.72	2.04	5.49
11130	0	0.0107	0	0.0588	8.29	8.09	5.1	160	48	17.5	8.79	2.06	5.47
11135	0	0.00374	0	0.0204	8.28	8.07	5.09	161	47.8	17.5	8.87	2.08	5.46
11140	0	0.000872	0	0.00472	8.28	8.08	5.08	161	47.9	17.4	8.93	2.09	5.43
11145	0	0.000157	0	0.000839	8.28	8.09	5.07	161	48.1	17.4	8.97	2.07	5.4
11150	0	0.0141	1.38	0.0758	7.38	7.61	5.09	120	41	17.4	13.4	2.53	5.38
11155	0	0.0177	0	0.0945	7.37	7.58	5.08	120	40.6	17.4	16.9	2.88	5.35
11160	0	0.0156	0.00708	0.0823	7.47	7.58	5.06	128	41.4	17.3	18.4	2.97	5.3
11165	0	0.0139	0.00177	0.0724	7.52	7.59	5.05	131	41.6	17.2	19	3.01	5.24
11170	0	0.00881	0	0.0455	7.52	7.59	5.03	132	41.9	17.2	19.3	3.04	5.18
11175	0	0.00292	0	0.015	7.51	7.59	5.02	132	42	17.1	19.4	3.06	5.13
11180	0	0.000655	0	0.00337	7.53	7.6	5.01	134	42.1	17.1	19.1	3.06	5.09
11185	0.0001	0.000117	0.0003	0.000583	7.59	7.6	5	137	42.1	17	18.2	3.06	5.06
11190	0	0.0000168	0	0.0000778	7.63	7.6	5	138	42.2	16.9	17.3	3.05	5.02
11195	0	1.98E-06	0	4.11E-06	7.65	7.61	4.99	139	42.2	16.9	16.4	3.05	4.99
11200	0	1.81E-07	0	-4.32E-06	7.67	7.61	4.98	140	42.3	16.8	15.7	3.04	4.97
11205	0.005	0.000586	0.015	0.00288	7.79	7.61	4.98	146	42.3	16.8	15.1	3.04	4.94
11210	0.0076	0.00134	0.0228	0.00655	7.91	7.62	4.97	152	42.4	16.7	14.4	3.03	4.9
11215	0.0146	0.00659	0.0438	0.0318	8.01	7.63	4.96	158	42.5	16.6	13.6	3.02	4.84
11220	0.0001	0.00417	0.0003	0.0199	8.02	7.64	4.95	158	42.7	16.6	13.1	3.02	4.8
11225	0.0054	0.00204	0.0162	0.00969	8.07	7.71	4.94	160	43.8	16.6	12.5	2.92	4.76
11230	0.013	0.00273	0.039	0.0129	8.13	7.77	4.94	162	44.7	16.5	11.9	2.79	4.73
11235	0.0415	0.0158	0.125	0.0744	8.19	7.88	4.94	163	46.1	16.4	11.3	2.62	4.71
11240	0.0628	0.0334	0.188	0.158	8.23	7.94	4.96	161	46.4	16.4	10.6	2.49	4.73
11245	0	0.0342	0	0.165	8.23	7.91	4.98	168	46.8	16.5	10.6	2.51	4.8
11250	0	0.015	0	0.0734	8.23	7.88	4.99	169	46.7	16.7	10.6	2.57	4.87
11255	0.0764	0.0108	0.229	0.0531	8.27	7.97	4.99	154	46.5	16.7	9.67	2.44	4.92
11260	0.0438	0.0463	0.131	0.232	8.29	8	5.03	164	46.8	16.6	9.54	2.33	4.99
11265	0.0188	0.0453	0.0564	0.232	8.3	7.97	5.06	168	46.9	16.9	9.52	2.35	5.1
11270	0	0.0214	0	0.112	8.29	7.93	5.06	169	46.8	17.2	9.58	2.43	5.22
11275	0.0003	0.00638	0.0009	0.0339	8.29	7.92	5.06	169	46.8	17.4	9.63	2.48	5.29
11280	0.0145	0.0058	0.0435	0.031	8.3	7.96	5.07	168	47.2	17.4	9.52	2.45	5.32
11285	0.0062	0.00521	0.0186	0.0279	8.3	7.97	5.07	167	47.3	17.4	9.41	2.42	5.34
11290	0.0014	0.00388	0.0042	0.0208	8.3	7.97	5.06	168	47.5	17.4	9.38	2.41	5.35
11295	0.0006	0.00198	0.0018	0.0106	8.3	7.98	5.06	168	47.7	17.3	9.39	2.39	5.35
11300	0.0027	0.000934	0.0081	0.00498	8.3	8	5.06	168	48	17.3	9.35	2.36	5.34
11305	0.0001	0.000528	0.0003	0.00281	8.3	8.01	5.05	169	48.3	17.3	9.35	2.33	5.32
11310	0.0008	0.000228	0.0024	0.00121	8.3	8.03	5.05	169	48.7	17.2	9.34	2.29	5.31
11315	0.0024	0.000213	0.0072	0.00112	8.31	8.05	5.04	169	49	17.2	9.29	2.24	5.29
11320	0.0152	0.00227	0.0456	0.0119	8.32	8.08	5.04	167	49.2	17.1	9.11	2.18	5.27
11325	0.0311	0.0175	0.0933	0.0927	8.33	8.12	5.06	167	49.3	17.1	8.97	2.09	5.28
11330	0.0053	0.0159	0.0159	0.085	8.33	8.1	5.07	168	49.3	17.3	8.92	2.08	5.32
11335	0.0059	0.00903	0.0177	0.0486	8.34	8.09	5.08	168	49.2	17.4	8.85	2.1	5.37
11340	0	0.00394	0	0.0213	8.34	8.08	5.08	169	49.1	17.4	8.85	2.12	5.4
11345	0	0.00111	0	0.006	8.33	8.08	5.07	169	49.2	17.4	8.87	2.13	5.41
11350	0.0309	0.00237	0.0927	0.0128	8.34	8.11	5.08	162	49.1	17.4	8.58	2.07	5.41
11355	0.0079	0.0156	0.0237	0.0852	8.35	8.13	5.09	167	49.4	17.4	8.58	2.03	5.44
11360	0.0044	0.0111	0.0132	0.0609	8.35	8.11	5.1	166	49.4	17.6	8.56	2.04	5.49
11365	0.0203	0.0112	0.0609	0.062	8.35	8.12	5.12	166	49.1	17.7	8.5	2.03	5.53
11370	0.0176	0.014	0.0528	0.0784	8.35	8.12	5.13	165	49	17.8	8.43	2.02	5.58
11375	0.0304	0.0153	0.0912	0.0863	8.35	8.12	5.14	161	48.6	17.8	8.29	2	5.63
11380	0.0082	0.018	0.0246	0.103	8.35	8.11	5.15	163	48.6	18	8.3	2.02	5.68
11385	0	0.0116	0	0.0688	8.34	8.09	5.16	165	48.6	18.1	8.39	2.06	5.73
11390	0	0.00434	0	0.025	8.34	8.07	5.15	165	48.4	18.1	8.47	2.09	5.75
11395	0	0.00108	0	0.00623	8.33	8.07	5.15	166	48.5	18.1	8.53	2.11	5.75
11400	0	0.000207	0	0.00118	8.33	8.09	5.14	166	48.7	18	8.58	2.1	5.73
11405	0.0063	0.000619	0.0189	0.00352	8.33	8.1	5.13	164	49	17.9	8.52	2.07	5.7
11410	0.0004	0.000822	0.0012	0.00521	8.33	8.12	5.12	165	49.2	17.8	8.52	2.05	5.67
11415	0	0.000321	0	0.0018	8.33	8.13	5.12	165	49.4	17.7	8.53	2.02	5.64
11420	0	0.0000684	0	0.000378	8.33	8.14	5.11	166	49.7	17.7	8.55	2	5.61
11425	0.001	0.000771	0.00477	0.00428	8.32	8.15	5.1	160	49.7	17.6	8.4	1.96	5.58
11430	0.0204	0.0196	10.2	0.109	7.48	7.65	5.14	130	43	17.8	13.6	2.52	5.57
11435	0	0.0231	0.00177	0.127	7.73	7.65	5.12	146	42.7	17.7	15.5	2.92	5.52
11440	0	0.0134	0	0.0728	7.74	7.63	5.11	147	45.1	17.7	16	2.87	5.47
11445	0	0.0119	0.0111	0.0637	7.94	7.66	5.09	157	43.6	17.6	15.3	2.96	5.39
11450	0.0129	0.0164	0.0387	0.0864	8.02	7.68	5.08	163	44.1	17.5	14.5	3.01	5.3
11455	0.0181	0.0168	0.0543	0.0874	8.09	7.69	5.07	167	44.4	17.4	13.8	3.04	5.24
11460	0.0216	0.0163	0.0648	0.0841	8.13	7.75	5.06	169	45.3	17.4	13.3	2.99	5.19
11465	0	0.0124	0	0.0636	8.12	7.76	5.05	170	46	17.4	13.2	2.97	5.15
11470	0.0002	0.00462	0.0006	0.0236	8.11	7.77	5.04	171	46.2	17.4	13.2	2.95	5.12
11475	0	0.0115	0.0111	0.0586	8.14	7.85	5.04	169	46.9	17.3	12.8	2.83	5.09
11480	0	0.0114	0	0.0578	8.12	7.83	5.04	170	46.9	17.3	12.8	2.83	5.07
11485	0	0.00419	0	0.0211	8.12	7.82	5.03	171	46.9	17.3	12.9	2.64	5.05
11490	0	0.00101	0	0.00503	8.11	7.84	5.02	171	47.3	17.2	12.9	2.82	5.01
11495	0.03	0.00843	0.09	0.0419	8.18	7.9	5.02	173	47.9	17.1	12.4	2.71	4.98
11500	0	0.00921	0	0.0456	8.17	7.88	5.01	174	47.7	17.1	12.4	2.71	4.96
11505	0	0.00349	0	0.0172	8.16	7.87	5	174	47.7	17.1	12.4	2.72	4.94
11510	0	0.000845	0	0.00414	8.16	7.89	5	175	48	17	12.4	2.71	4.92
11515	0.0058	0.00128	0.0174	0.00625	8.19	7.91	4.99	176	48.4	16.9	12.2	2.66	4.89
11520	0	0.000581	0	0.00286	8.19	7.93	4.98	176	48.7	16.9	12.2	2.62	4.86
11525	0	0.0208	0.0444	0.101	8.21	8.01	5	171	48.5	16.7	11.7	2.45	4.86
11530	0.0006	0.0236	0.0018	0.116	8.2	7.97	5.01	174	48.6	16.8	11.6	2.45	4.9
11535	0	0.00963	0	0.0476	8.19	7.94	5.01	174	48.3	17	11.7	2.5	4.94
11540	0.0001	0.00251	0.0003	0.0125	8.19	7.93	5	175	48.3	17	11.7	2.53	4.95
11545	0	0.000487	0	0.00246	8.18	7.95	5	175	48.6	16.9	11.7	2.52	4.95
11550	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000391	8.18	7.97	4.99	175	49	16.9	11.6	2.49	4.93
11555	0	0.0000108	0	0.0000489	8.17	7							

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

11565	0	1.02E-07	0	-3.26E-06	8.16	8.03	4.98	173	50	16.8	11.4	2.36	4.87
11570	0	4E-09	0	-3.51E-06	8.15	8.04	4.97	173	50.3	16.7	11.4	2.32	4.85
11575	0	-7.49E-10	0	-3.26E-06	8.15	8.05	4.97	172	50.5	16.7	11.3	2.28	4.84
11580	0	-7.42E-10	0	-2.98E-06	8.14	8.07	4.96	172	50.7	16.7	11.2	2.25	4.82
11585	0	-7.05E-10	0	-2.72E-06	8.13	8.08	4.96	171	51	16.6	11.1	2.21	4.81
11590	0	-6.98E-10	0	-2.47E-06	8.13	8.1	4.96	170	51.3	16.6	11	2.18	4.79
11595	0.0225	0.00233	0.0675	0.0111	8.25	8.11	4.95	176	51.2	16.6	10.9	2.14	4.77
11600	0.0014	0.00485	0.0042	0.023	8.25	8.11	4.95	177	51.4	16.5	10.9	2.12	4.75
11605	0.0051	0.00273	0.0153	0.0129	8.27	8.11	4.95	177	51.3	16.5	10.8	2.13	4.74
11610	0.0085	0.00422	0.0255	0.02	8.29	8.11	4.95	179	51.3	16.5	10.7	2.12	4.73
11615	0.0126	0.00552	0.0378	0.0262	8.3	8.11	4.95	178	51.2	16.5	10.5	2.11	4.74
11620	0.0033	0.00696	0.0099	0.0332	8.31	8.11	4.96	180	51.2	16.5	10.5	2.12	4.75
11625	0.0251	0.00988	0.0753	0.0474	8.33	8.12	4.97	179	51	16.5	10.3	2.1	4.79
11630	0.0162	0.0157	0.0486	0.0767	8.33	8.12	4.99	179	51	16.6	10.2	2.1	4.85
11635	0.0018	0.0107	0.0054	0.0531	8.33	8.1	5	180	50.9	16.7	10.2	2.13	4.92
11640	0.02	0.00918	0.06	0.046	8.34	8.11	5.01	179	50.7	16.8	10	2.14	4.99
11645	0	0.00817	0	0.0415	8.33	8.09	5.02	180	50.7	16.9	10	2.16	5.05
11650	0.0086	0.0041	0.0258	0.021	8.34	8.09	5.03	179	50.6	16.9	9.97	2.18	5.09
11655	0.0116	0.00748	0.0348	0.0386	8.34	8.1	5.04	178	50.7	17	9.89	2.17	5.14
11660	0.0123	0.0103	0.0369	0.0537	8.35	8.1	5.05	178	50.7	17	9.82	2.16	5.19
11665	0.03	0.00991	0.09	0.0521	8.35	8.11	5.06	173	50.2	17.1	9.58	2.14	5.24
11670	0.0006	0.0145	0.0018	0.0776	8.35	8.1	5.06	177	50.5	17.2	9.62	2.14	5.31
11675	0.01	0.0106	0.03	0.0571	8.35	8.09	5.09	177	50.3	17.4	9.58	2.16	5.38
11680	0.0033	0.0061	0.0099	0.0333	8.35	8.08	5.09	176	50.2	17.4	9.57	2.19	5.43
11685	0.02	0.00673	0.06	0.0369	8.35	8.1	5.1	173	50.1	17.5	9.42	2.17	5.47
11690	0.01	0.0104	0.03	0.0573	8.36	8.1	5.11	174	50.1	17.6	9.37	2.16	5.52
11695	0.01	0.0119	0.03	0.0668	8.36	8.1	5.12	175	50.1	17.7	9.35	2.15	5.57
11700	0.01	0.00936	0.03	0.0528	8.36	8.09	5.13	174	50	17.8	9.31	2.16	5.62
11705	0.01	0.00944	0.03	0.0536	8.36	8.09	5.14	174	50	17.9	9.27	2.17	5.67
11710	0.0272	0.0111	0.0816	0.0634	8.36	8.1	5.15	170	49.7	17.9	9.11	2.14	5.71
11715	0	0.0132	0	0.0763	8.35	8.09	5.16	173	49.9	18	9.17	2.15	5.75
11720	0.0212	0.0109	0.0636	0.0633	8.35	8.1	5.17	171	49.6	18.1	9.11	2.14	5.79
11725	0.0213	0.0183	0.0639	0.107	8.35	8.11	5.18	171	49.6	18.2	9.08	2.12	5.83
11730	0	0.0117	0	0.0686	8.35	8.08	5.18	172	49.5	18.3	9.13	2.15	5.87
11735	0.03	0.0107	0.09	0.0631	8.35	8.1	5.19	168	49.1	18.3	9.02	2.12	5.89
11740	0	0.0129	0	0.0761	8.35	8.09	5.19	170	49.3	18.4	9.06	2.13	5.9
11745	0.0138	0.00847	0.0414	0.0501	8.34	8.08	5.19	168	49.1	18.4	9.01	2.14	5.91
11750	0.0088	0.00741	0.0264	0.0439	8.34	8.08	5.19	167	49.1	18.4	8.96	2.15	5.92
11755	0.0321	0.0165	0.0963	0.0974	8.34	8.11	5.2	167	48.9	18.3	8.92	2.1	5.92
11760	0	0.0153	0	0.0908	8.33	8.09	5.2	168	49	18.4	8.99	2.11	5.93
11765	0	0.00582	0	0.0345	8.33	8.07	5.19	169	48.9	18.4	9.07	2.15	5.93
11770	0.01	0.002	0.03	0.0118	8.33	8.07	5.18	166	48.8	18.3	9.01	2.15	5.91
11775	0.0203	0.0112	0.0609	0.0657	8.33	8.11	5.18	166	49	18.2	8.96	2.1	5.89
11780	0.0009	0.00904	0.0027	0.053	8.33	8.09	5.17	167	49	18.2	8.98	2.11	5.87
11785	0.0146	0.00616	0.0438	0.036	8.33	8.1	5.17	165	48.9	18.2	8.91	2.1	5.84
11790	0	0.00627	0	0.0364	8.32	8.09	5.16	166	49	18.1	8.96	2.1	5.82
11795	0.0172	0.00429	0.0516	0.0248	8.33	8.1	5.16	163	48.8	18	8.85	2.09	5.79
11800	0.0315	0.0131	0.0945	0.0755	8.32	8.12	5.16	161	48.6	17.9	8.73	2.04	5.77
11805	0.0064	0.018	0.0192	0.104	8.32	8.11	5.17	163	48.7	18	8.78	2.03	5.77
11810	0.0016	0.0113	0.0048	0.0655	8.32	8.09	5.16	164	48.7	18.1	8.86	2.07	5.78
11815	0.0181	0.00813	0.0543	0.047	8.32	8.09	5.16	162	48.4	18	8.82	2.07	5.78
11820	0.0146	0.0114	0.0438	0.0656	8.32	8.1	5.16	162	48.4	18	8.79	2.06	5.77
11825	0.0242	0.0111	0.0726	0.064	8.31	8.1	5.16	158	48	18	8.66	2.05	5.77
11830	0.0275	0.0236	0.0825	0.136	8.31	8.11	5.17	160	47.9	17.9	8.68	2.02	5.77
11835	0	0.0168	0	0.0972	8.31	8.08	5.17	161	48	18	8.76	2.06	5.79
11840	0.0003	0.00586	0.0009	0.0339	8.3	8.06	5.16	162	47.8	18.1	8.84	2.1	5.79
11845	0.0029	0.00198	0.0087	0.0114	8.3	8.08	5.15	161	47.8	18	8.88	2.12	5.77
11850	0.02	0.00231	0.06	0.0132	8.3	8.08	5.14	157	47.8	17.8	8.76	2.1	5.73
11855	0.0191	0.0138	0.0573	0.0786	8.3	8.1	5.14	159	47.9	17.7	8.75	2.05	5.69
11860	0	0.0107	0	0.0608	8.29	8.09	5.14	160	48	17.7	8.82	2.06	5.66
11865	0	0.00374	0	0.021	8.28	8.07	5.13	161	47.8	17.7	8.9	2.08	5.64
11870	0	0.000872	0	0.00487	8.28	8.08	5.12	161	47.9	17.6	8.97	2.09	5.61
11875	0	0.000157	0	0.000865	8.28	8.09	5.11	161	48.1	17.5	9.01	2.08	5.57
11880	0	0.0141	1.38	0.0781	7.38	7.61	5.12	120	41	17.6	13.4	2.53	5.54
11885	0	0.0177	0	0.0972	7.38	7.59	5.11	121	40.7	17.6	16.9	2.88	5.5
11890	0	0.0156	0.00708	0.0846	7.48	7.59	5.1	129	41.4	17.4	18.4	2.96	5.45
11895	0	0.0139	0.00177	0.0746	7.52	7.59	5.08	131	41.7	17.4	19.1	3.01	5.39
11900	0	0.00881	0	0.0469	7.52	7.6	5.06	132	42	17.3	19.4	3.04	5.34
11905	0	0.00292	0	0.0154	7.51	7.6	5.05	133	42.1	17.2	19.4	3.05	5.29
11910	0	0.000665	0	0.00347	7.52	7.6	5.04	133	42.1	17.2	19.3	3.08	5.25
11915	0.0001	0.000117	0.0003	0.000601	7.58	7.6	5.03	136	42.2	17.1	18.5	3.05	5.21
11920	0	0.0000168	0	0.00008	7.62	7.61	5.02	138	42.2	17.1	17.6	3.05	5.18
11925	0	1.98E-06	0	4.04E-06	7.64	7.61	5.01	139	42.3	17	16.7	3.05	5.15
11930	0	1.81E-07	0	-4.63E-06	7.66	7.61	5.01	140	42.3	16.9	15.9	3.04	5.12
11935	0.005	0.000586	0.015	0.00297	7.78	7.61	5	146	42.4	16.9	15.4	3.04	5.09
11940	0.0076	0.00134	0.0228	0.00675	7.9	7.62	4.99	151	42.4	16.8	14.6	3.03	5.05
11945	0.0146	0.00859	0.0438	0.0327	8.01	7.63	4.98	156	42.6	16.7	13.7	3.03	4.99
11950	0.0001	0.00417	0.0003	0.0205	8.02	7.63	4.97	158	42.7	16.7	13.2	3.03	4.94
11955	0.0054	0.00204	0.0162	0.00998	8.06	7.69	4.96	160	43.9	16.6	12.7	2.95	4.91
11960	0.013	0.00273	0.039	0.0133	8.13	7.76	4.95	182	44.6	16.6	12	2.82	4.88
11965	0.0415	0.0158	0.125	0.0769	8.19	7.86	4.96	163	46.1	16.5	11.4	2.63	4.87
11970	0.0628	0.0334	0.188	0.164	8.23	7.94	4.98	161	46.4	16.4	10.7	2.5	4.91
11975	0	0.0342	0	0.172	8.23	7.91	5	168	46.7	16.6	10.7	2.52	4.99
11980	0	0.015	0	0.0767	8.22	7.88	5	169	46.7	16.8	10.7	2.59	5.09
11985	0.0764	0.0108	0.229	0.0557	8.27	7.96	5.01	154	46.5	16.8	9.74	2.45	5.16
11990	0.0438	0.0463	0.131	0.245	8.29	8	5.05	164	46.7	16.7	9.62	2.34	5.26
11995	0.0188	0.0453	0.0564	0.247	8.3	7.97	5.08	168	46.9	17	9.59	2.36	5.41
12000	0	0.0214	0	0.12	8.29	7.93	5.08	169	46.8	17.3	9.65	2.44	5.56
12005	0.0003	0.00638	0.0009	0.0363	8.29	7.92	5.08	169	46.7	17.5	9.71	2.49	5.65
12010	0.0145	0.0058	0.0435	0.0332	8.3	7.96	5.08	168	47.1	17.4	9.59	2.46	5.7
12015	0.0062	0.00521	0.0186	0.0299	8.3	7.96	5.08	167	47.3	17.4	9.48	2.43	5.73
12020	0.0014	0.00388	0.0										

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

12030	0.0027	0.000934	0.0081	0.00534	8.3	7.99	5.07	168	48	17.4	9.42	2.37	5.73
12035	0.0001	0.000528	0.0003	0.00301	8.3	8.01	5.06	169	48.3	17.3	9.42	2.34	5.71
12040	0.0008	0.000228	0.0024	0.00129	8.3	8.03	5.06	169	48.6	17.3	9.41	2.3	5.69
12045	0.0024	0.000213	0.0072	0.0012	8.31	8.05	5.05	169	48.9	17.2	9.36	2.26	5.66
12050	0.0152	0.00227	0.0456	0.0128	8.32	8.07	5.05	167	49.1	17.2	9.18	2.2	5.64
12055	0.0311	0.0175	0.0933	0.0996	8.33	8.11	5.07	167	49.2	17.2	9.04	2.11	5.67
12060	0.0053	0.0159	0.0159	0.0916	8.33	8.09	5.08	168	49.2	17.3	8.99	2.1	5.73
12065	0.0059	0.00903	0.0177	0.0526	8.34	8.08	5.08	168	49.1	17.4	8.92	2.12	5.8
12070	0	0.00394	0	0.0231	8.33	8.07	5.08	169	49	17.5	8.92	2.14	5.84
12075	0	0.00111	0	0.0065	8.33	8.08	5.08	169	49.1	17.5	8.94	2.14	5.86
12080	0.0309	0.00237	0.0927	0.0139	8.34	8.11	5.08	162	49	17.4	8.65	2.09	5.87
12085	0.0079	0.0156	0.0237	0.0927	8.35	8.13	5.1	167	49.4	17.4	8.64	2.04	5.92
12090	0.0044	0.0111	0.0132	0.0665	8.35	8.11	5.11	166	49.3	17.6	8.62	2.05	5.99
12095	0.0203	0.0112	0.0609	0.068	8.35	8.11	5.12	165	49.1	17.7	8.56	2.04	6.06
12100	0.0176	0.014	0.0528	0.0864	8.35	8.11	5.13	165	48.9	17.8	8.5	2.03	6.14
12105	0.0304	0.0153	0.0912	0.0956	8.35	8.12	5.14	161	48.5	17.9	8.35	2.01	6.22
12110	0.0082	0.018	0.0246	0.114	8.34	8.11	5.15	163	48.6	18	8.36	2.03	6.3
12115	0	0.0116	0	0.0743	8.34	8.08	5.15	165	48.5	18.1	8.45	2.07	6.37
12120	0	0.00434	0	0.0277	8.33	8.07	5.14	165	48.4	18.1	8.53	2.1	6.39
12125	0	0.00108	0	0.0069	8.33	8.07	5.14	166	48.4	18	8.59	2.12	6.38
12130	0	0.000207	0	0.0013	8.33	8.06	5.13	166	48.7	17.9	8.64	2.11	6.34
12135	0.0063	0.000619	0.0189	0.00388	8.33	8.1	5.12	164	48.9	17.8	8.59	2.08	6.29
12140	0.0004	0.000922	0.0012	0.00573	8.33	8.11	5.11	165	49.2	17.7	8.58	2.06	6.24
12145	0	0.000321	0	0.00198	8.33	8.12	5.1	165	49.4	17.7	8.59	2.03	6.2
12150	0	0.0000684	0	0.000411	8.32	8.14	5.09	166	49.6	17.6	8.61	2	6.15
12155	0.001	0.000771	0.00477	0.00468	8.31	8.15	5.08	160	49.6	17.5	8.46	1.97	6.1
12160	0.0204	0.0196	10.2	0.118	7.48	7.65	5.09	130	43	17.6	13.7	2.53	6.02
12165	0	0.0231	0.00177	0.136	7.73	7.65	5.08	145	42.6	17.5	15.6	2.93	5.92
12170	0	0.0134	0	0.0772	7.74	7.63	5.05	147	45.1	17.5	16.2	2.88	5.81
12175	0	0.0119	0.0111	0.0672	7.94	7.66	5.03	157	43.6	17.3	15.4	2.96	5.69
12180	0.0129	0.0164	0.0387	0.0908	8.02	7.68	5.02	163	44.1	17.2	14.6	3.02	5.58
12185	0.0181	0.0168	0.0543	0.0917	8.09	7.69	5.01	167	44.4	17.1	13.9	3.04	5.5
12190	0.0216	0.0163	0.0648	0.0883	8.13	7.75	5	169	45.3	17.1	13.3	3	5.45
12195	0	0.0124	0	0.0668	8.12	7.76	4.99	170	46	17.1	13.3	2.97	5.41
12200	0.0002	0.00462	0.0006	0.0248	8.11	7.77	4.98	171	46.2	17.1	13.3	2.95	5.38
12205	0	0.0115	0.0111	0.0618	8.14	7.85	4.98	169	46.9	17	12.9	2.84	5.36
12210	0	0.0114	0	0.0611	8.12	7.83	4.97	170	47	17	12.9	2.83	5.35
12215	0	0.00419	0	0.0223	8.12	7.82	4.96	171	47	16.9	12.9	2.84	5.32
12220	0	0.00101	0	0.0053	8.11	7.84	4.95	171	47.3	16.9	12.9	2.82	5.28
12225	0.03	0.00843	0.09	0.0443	8.18	7.9	4.95	173	47.9	16.8	12.5	2.71	5.26
12230	0	0.00921	0	0.0483	8.17	7.88	4.94	174	47.8	16.7	12.5	2.71	5.25
12235	0	0.00349	0	0.0182	8.16	7.87	4.93	175	47.7	16.7	12.5	2.72	5.23
12240	0	0.000845	0	0.00438	8.16	7.89	4.92	175	48	16.7	12.5	2.71	5.2
12245	0.0058	0.00128	0.0174	0.0066	8.19	7.91	4.91	176	48.4	16.6	12.3	2.67	5.17
12250	0	0.000591	0	0.00302	8.19	7.93	4.9	177	48.7	16.5	12.2	2.62	5.13
12255	0	0.0208	0.0444	0.108	8.21	8.01	4.93	171	48.5	16.4	11.7	2.45	5.17
12260	0.0006	0.0236	0.0018	0.124	8.2	7.97	4.94	174	48.6	16.5	11.7	2.45	5.25
12265	0	0.00963	0	0.0514	8.19	7.94	4.94	174	48.3	16.7	11.7	2.51	5.32
12270	0.0001	0.00251	0.0003	0.0134	8.19	7.93	4.93	175	48.3	16.7	11.7	2.54	5.34
12275	0	0.000497	0	0.00265	8.18	7.95	4.93	175	48.6	16.6	11.7	2.53	5.33
12280	0.0001	0.000801	0.0003	0.000419	8.18	7.97	4.92	175	49	16.6	11.7	2.49	5.3
12285	0	0.0000108	0	0.000051	8.17	7.99	4.91	174	49.3	16.5	11.6	2.45	5.27
12290	0	0.0000012	0	5.77E-07	8.17	8.01	4.9	174	49.7	16.5	11.6	2.4	5.24
12295	0	1.02E-07	0	-4.84E-06	8.16	8.03	4.9	174	50	16.4	11.5	2.36	5.21
12300	0	4E-09	0	-4.91E-06	8.15	8.04	4.89	173	50.2	16.4	11.4	2.32	5.19
12305	0	-7.48E-10	0	-4.47E-06	8.15	8.05	4.89	172	50.5	16.3	11.3	2.29	5.17
12310	0	-7.42E-10	0	-4.04E-06	8.14	8.07	4.88	172	50.7	16.3	11.2	2.26	5.15
12315	0	-7.05E-10	0	-3.63E-06	8.13	8.08	4.88	171	50.9	16.3	11.2	2.22	5.13
12320	0	-6.98E-10	0	-3.26E-06	8.13	8.09	4.88	170	51.2	16.3	11.1	2.19	5.11
12325	0.0225	0.00233	0.0675	0.0118	8.25	8.11	4.87	176	51.1	16.2	11	2.15	5.09
12330	0.0014	0.00485	0.0042	0.0246	8.25	8.11	4.87	177	51.3	16.2	10.9	2.14	5.07
12335	0.0051	0.00273	0.0153	0.0138	8.27	8.1	4.87	177	51.2	16.2	10.8	2.14	5.06
12340	0.0085	0.00422	0.0255	0.0214	8.29	8.11	4.87	179	51.2	16.2	10.8	2.13	5.06
12345	0.0126	0.00552	0.0378	0.0281	8.3	8.11	4.87	178	51.1	16.2	10.6	2.12	5.08
12350	0.0033	0.00698	0.0099	0.0358	8.31	8.11	4.88	180	51.2	16.2	10.5	2.13	5.12
12355	0.0251	0.00988	0.0753	0.0514	8.33	8.12	4.9	179	50.9	16.2	10.3	2.11	5.18
12360	0.0162	0.0157	0.0486	0.0839	8.33	8.12	4.92	179	51	16.3	10.2	2.11	5.29
12365	0.0018	0.0107	0.0054	0.0584	8.33	8.1	4.93	180	50.9	16.5	10.2	2.14	5.4
12370	0.02	0.00918	0.06	0.0509	8.34	8.1	4.94	179	50.6	16.6	10.1	2.15	5.51
12375	0	0.00817	0	0.046	8.33	8.09	4.95	180	50.7	16.7	10.1	2.17	5.6
12380	0.0086	0.0041	0.0258	0.0233	8.34	8.08	4.96	179	50.5	16.7	10	2.19	5.66
12385	0.0116	0.00748	0.0348	0.0429	8.34	8.1	4.96	178	50.7	16.7	9.94	2.18	5.71
12390	0.0123	0.0103	0.0369	0.06	8.35	8.1	4.98	178	50.7	16.8	9.87	2.17	5.79
12395	0.03	0.00991	0.09	0.0583	8.35	8.11	4.99	173	50.2	16.9	9.63	2.14	5.86
12400	0.0006	0.0145	0.0018	0.087	8.35	8.1	5	177	50.4	17	9.67	2.15	5.96
12405	0.01	0.0106	0.03	0.0641	8.35	8.09	5.01	177	50.3	17.1	9.63	2.17	6.04
12410	0.0033	0.0061	0.0099	0.0373	8.35	8.08	5.01	176	50.1	17.2	9.62	2.2	6.1
12415	0.02	0.00673	0.06	0.0414	8.35	8.09	5.01	173	50.1	17.2	9.47	2.18	6.14
12420	0.01	0.0104	0.03	0.0643	8.36	8.1	5.02	174	50.1	17.2	9.41	2.16	6.19
12425	0.01	0.0119	0.03	0.0749	8.36	8.1	5.03	175	50.1	17.3	9.4	2.16	6.25
12430	0.01	0.00936	0.03	0.0592	8.36	8.09	5.03	174	50	17.4	9.35	2.17	6.31
12435	0.01	0.00944	0.03	0.0601	8.36	8.09	5.04	174	49.9	17.4	9.31	2.17	6.35
12440	0.0272	0.0111	0.0816	0.071	8.36	8.1	5.04	170	49.7	17.5	9.15	2.14	6.4
12445	0	0.0132	0	0.0854	8.35	8.09	5.05	173	49.8	17.5	9.21	2.15	6.45
12450	0.0212	0.0109	0.0636	0.0708	8.35	8.1	5.05	171	49.5	17.6	9.15	2.14	6.48
12455	0.0213	0.0183	0.0639	0.12	8.35	8.1	5.06	171	49.5	17.8	9.12	2.12	6.53
12460	0	0.0117	0	0.0766	8.35	8.08	5.06	172	49.5	17.7	9.17	2.16	6.56
12465	0.03	0.0107	0.09	0.0704	8.35	8.1	5.06	168	49.1	17.6	9.06	2.13	6.57
12470	0	0.0129	0	0.0847	8.35	8.09	5.06	170	49.3	17.7	9.1	2.14	6.58
12475	0.0138	0.00847	0.0414	0.0557	8.34	8.08	5.06	168	49.1	17.6	9.05	2.15	6.57
12480	0.0088	0.00741	0.0264	0.0486	8.34	8.08	5.05	167	49	17.6	9	2.15	6.56
12485	0.0321												

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

12495	0	0.00582	0	0.0381	8.33	8.07	5.05	169	48.8	17.6	9.11	2.15	6.56
12500	0.01	0.002	0.03	0.013	8.33	8.07	5.04	166	48.8	17.5	9.04	2.16	6.51
12505	0.0203	0.0112	0.0609	0.0721	8.33	8.11	5.04	166	49	17.4	9	2.11	6.47
12510	0.0009	0.00904	0.0027	0.058	8.33	8.09	5.03	167	49	17.4	9.02	2.11	6.43
12515	0.0146	0.00616	0.0438	0.0393	8.33	8.1	5.02	165	48.8	17.3	8.95	2.1	6.39
12520	0	0.00627	0	0.0397	8.33	8.09	5.01	166	49	17.2	9	2.11	6.35
12525	0.0172	0.00429	0.0516	0.027	8.33	8.1	5.01	163	48.8	17.2	8.88	2.1	6.3
12530	0.0315	0.0131	0.0945	0.0825	8.33	8.12	5.01	160	48.6	17.1	8.77	2.04	6.29
12535	0.0084	0.018	0.0192	0.114	8.32	8.11	5.02	163	48.7	17.2	8.81	2.04	6.32
12540	0.0016	0.0113	0.0048	0.0719	8.32	8.09	5.02	164	48.6	17.2	8.89	2.07	6.34
12545	0.0181	0.00813	0.0543	0.0515	8.32	8.09	5.01	162	48.4	17.2	8.86	2.07	6.34
12550	0.0146	0.0114	0.0438	0.072	8.32	8.1	5.02	162	48.3	17.2	8.83	2.07	6.34
12555	0.0242	0.0111	0.0726	0.0703	8.31	8.1	5.01	158	48	17.1	8.69	2.06	6.34
12560	0.0275	0.0236	0.0825	0.151	8.31	8.11	5.03	160	47.9	17.1	8.71	2.03	6.37
12565	0	0.0168	0	0.107	8.31	8.08	5.02	161	48	17.2	8.8	2.07	6.39
12570	0.0003	0.00586	0.0009	0.0373	8.3	8.06	5.01	162	47.8	17.2	8.88	2.11	6.38
12575	0.0029	0.00198	0.0087	0.0125	8.3	8.06	5	162	47.8	17.1	8.91	2.13	6.32
12580	0.02	0.00231	0.06	0.0144	8.3	8.08	4.99	157	47.7	16.9	8.79	2.1	6.25
12585	0.0191	0.0138	0.0573	0.0858	8.3	8.1	4.99	159	47.9	16.8	8.79	2.05	6.21
12590	0	0.0107	0	0.0662	8.29	8.08	4.98	160	47.9	16.8	8.86	2.08	6.17
12595	0	0.00374	0	0.0228	8.29	8.07	4.97	161	47.8	16.8	8.94	2.09	6.12
12600	0	0.000872	0	0.00526	8.28	8.07	4.96	161	47.9	16.7	9	2.09	6.07
12605	0	0.000157	0	0.000927	8.28	8.09	4.95	161	48.1	16.6	9.05	2.08	6.01
12610	0	0.0141	1.38	0.0842	7.39	7.61	4.96	120	41	16.7	13.5	2.57	5.98
12615	0	0.0177	0	0.104	7.39	7.59	4.95	121	40.9	16.6	16.9	2.86	5.92
12620	0	0.0156	0.00708	0.0905	7.49	7.59	4.93	129	41.5	16.5	18.4	2.95	5.84
12625	0	0.0139	0.00177	0.0793	7.53	7.6	4.91	131	41.7	16.4	19.1	3	5.74
12630	0	0.00881	0	0.0496	7.52	7.6	4.89	132	42	16.4	19.4	3.04	5.66
12635	0	0.00292	0	0.0162	7.52	7.6	4.88	133	42.1	16.3	19.5	3.05	5.58
12640	0	0.000665	0	0.00365	7.51	7.6	4.87	133	42.2	16.3	19.5	3.06	5.52
12645	0.0001	0.000117	0.0003	0.000628	7.57	7.6	4.86	136	42.2	16.2	18.8	3.05	5.47
12650	0	0.0000168	0	0.0000823	7.61	7.61	4.85	138	42.3	16.1	17.9	3.05	5.43
12655	0	1.98E-06	0	2.91E-06	7.64	7.61	4.84	139	42.3	16.1	17	3.05	5.39
12660	0	1.81E-07	0	-5.91E-06	7.66	7.61	4.83	139	42.4	16	16.2	3.04	5.35
12665	0.005	0.000586	0.015	0.0031	7.78	7.62	4.82	146	42.4	16	15.6	3.04	5.31
12670	0.0076	0.00134	0.0228	0.00705	7.9	7.62	4.81	151	42.4	15.9	14.8	3.03	5.27
12675	0.0146	0.00659	0.0438	0.0343	8	7.63	4.81	157	42.6	15.8	13.8	3.03	5.23
12680	0.0001	0.00417	0.0003	0.0216	8.01	7.64	4.8	158	42.8	15.8	13.3	3.03	5.19
12685	0.0054	0.00204	0.0162	0.0105	8.06	7.68	4.79	160	43.6	15.8	12.8	2.97	5.17
12690	0.013	0.00273	0.039	0.014	8.12	7.76	4.78	162	44.5	15.7	12.2	2.84	5.14
12695	0.0415	0.0158	0.125	0.0818	8.18	7.88	4.8	163	46	15.7	11.5	2.85	5.17
12700	0.0628	0.0334	0.188	0.177	8.22	7.94	4.84	161	46.3	15.7	10.8	2.51	5.26
12705	0	0.0342	0	0.186	8.22	7.9	4.87	168	46.7	16	10.7	2.54	5.4
12710	0	0.015	0	0.0832	8.22	7.88	4.88	169	46.7	16.2	10.7	2.6	5.52
12715	0.0764	0.0108	0.229	0.0607	8.27	7.96	4.89	154	46.4	16.2	9.82	2.47	5.61
12720	0.0438	0.0463	0.131	0.271	8.28	8	4.95	164	46.7	16.3	9.69	2.35	5.79
12725	0.0188	0.0453	0.0564	0.274	8.29	7.97	4.97	168	46.8	16.6	9.66	2.37	5.98
12730	0	0.0214	0	0.132	8.29	7.93	4.97	169	46.7	16.9	9.72	2.45	6.13
12735	0.0003	0.00638	0.0009	0.0397	8.28	7.92	4.97	169	46.7	16.9	9.78	2.5	6.2
12740	0.0145	0.0058	0.0435	0.0361	8.3	7.95	4.96	168	47.1	16.9	9.66	2.47	6.22
12745	0.0062	0.00521	0.0186	0.0324	8.3	7.98	4.96	167	47.3	16.9	9.54	2.44	6.22
12750	0.0014	0.00388	0.0042	0.024	8.3	7.97	4.95	168	47.5	16.8	9.52	2.43	6.2
12755	0.0006	0.00198	0.0018	0.0122	8.3	7.98	4.95	168	47.7	16.8	9.53	2.41	6.17
12760	0.0027	0.000934	0.0081	0.00571	8.3	7.99	4.94	168	47.9	16.7	9.49	2.38	6.13
12765	0.0001	0.000528	0.0003	0.0032	8.3	8.01	4.93	169	48.3	16.6	9.49	2.34	6.09
12770	0.0008	0.000228	0.0024	0.00137	8.3	8.03	4.92	169	48.6	16.6	9.48	2.31	6.05
12775	0.0024	0.000213	0.0072	0.00127	8.3	8.04	4.92	169	48.8	16.5	9.42	2.27	6.01
12780	0.0152	0.00227	0.0456	0.0135	8.32	8.07	4.91	166	49	16.5	9.25	2.21	5.97
12785	0.0311	0.0175	0.0933	0.106	8.33	8.1	4.94	167	49.1	16.5	9.11	2.12	6.02
12790	0.0053	0.0159	0.0159	0.0976	8.33	8.09	4.95	188	49.1	16.7	9.05	2.12	6.1
12795	0.0059	0.00903	0.0177	0.056	8.33	8.07	4.96	168	49	16.8	8.99	2.14	6.18
12800	0	0.00394	0	0.0245	8.33	8.07	4.96	169	48.9	16.8	8.98	2.16	6.22
12805	0	0.00111	0	0.00689	8.33	8.07	4.95	169	49	16.8	9	2.16	6.22
12810	0.0309	0.00237	0.0927	0.0147	8.34	8.1	4.95	162	48.9	16.7	8.71	2.1	6.22
12815	0.0079	0.0158	0.0237	0.0985	8.34	8.12	4.98	167	49.3	16.8	8.7	2.06	6.28
12820	0.0044	0.0111	0.0132	0.0706	8.34	8.1	4.98	166	49.2	17	8.69	2.07	6.36
12825	0.0203	0.0112	0.0609	0.0722	8.35	8.11	5	165	49	17.1	8.62	2.05	6.43
12830	0.0176	0.014	0.0528	0.0916	8.35	8.11	5.01	165	48.9	17.2	8.56	2.04	6.51
12835	0.0304	0.0153	0.0912	0.101	8.35	8.11	5.02	161	48.5	17.2	8.41	2.03	6.59
12840	0.0082	0.018	0.0246	0.12	8.34	8.1	5.03	163	48.5	17.3	8.42	2.04	6.85
12845	0	0.0116	0	0.0779	8.34	8.08	5.02	165	48.5	17.4	8.51	2.08	6.69
12850	0	0.00434	0	0.0289	8.33	8.07	5.01	165	48.3	17.3	8.59	2.11	6.67
12855	0	0.00108	0	0.00716	8.33	8.07	5	166	48.4	17.2	8.65	2.13	6.63
12860	0	0.000207	0	0.00134	8.33	8.08	4.99	166	48.6	17.1	8.7	2.12	6.57
12865	0.0063	0.000619	0.0189	0.00399	8.33	8.1	4.96	164	48.9	17	8.64	2.09	6.49
12870	0.0004	0.000922	0.0012	0.00588	8.33	8.11	4.97	165	49.1	16.9	8.64	2.07	6.42
12875	0	0.000321	0	0.00202	8.33	8.12	4.96	165	49.4	16.8	8.65	2.04	6.35
12880	0	0.0000684	0	0.000417	8.32	8.14	4.95	166	49.6	16.7	8.67	2.01	6.29
12885	0.001	0.000771	0.00477	0.00476	8.31	8.15	4.94	160	49.6	16.6	8.52	1.97	6.22
12890	0.0204	0.0196	10.2	0.118	7.48	7.65	4.94	130	43.5	16.7	13.7	2.56	6.07
12895	0	0.0231	0.00177	0.136	7.73	7.65	4.92	145	42.7	16.6	15.7	2.95	5.94
12900	0	0.0134	0	0.0773	7.74	7.63	4.89	147	44.3	16.6	16.3	2.86	5.82
12905	0	0.0119	0.0111	0.0676	7.94	7.66	4.88	157	43.5	16.4	15.5	2.95	5.72
12910	0.0129	0.0164	0.0387	0.0918	8.02	7.68	4.87	163	44.1	16.3	14.7	3.02	5.63
12915	0.0181	0.0168	0.0543	0.0933	8.09	7.69	4.86	167	44.4	16.3	14	3.05	5.58
12920	0.0216	0.0163	0.0648	0.0904	8.13	7.74	4.86	169	45.6	16.3	13.4	3.02	5.56
12925	0	0.0124	0	0.0687	8.12	7.77	4.85	170	46	16.3	13.3	2.98	5.55
12930	0.0002	0.00462	0.0006	0.0255	8.11	7.77	4.84	171	46.3	16.3	13.4	2.96	5.53
12935	0	0.0115	0.0111	0.0638	8.14	7.85	4.85	169	46.9	16.3	13	2.84	5.54
12940	0	0.0114	0	0.0632	8.12	7.83	4.84	170	47	16.3	12.9	2.83	5.54
12945	0	0.00419	0	0.0231	8.12	7.82	4.83	171	47	16.2	13	2.84	5.52
12950	0	0.00101	0	0.00									

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

12960	0	0.00921	0	0.0503	8.17	7.88	4.81	174	47.8	16.1	12.5	2.71	5.46
12965	0	0.00349	0	0.019	8.17	7.87	4.8	175	47.7	16	12.5	2.73	5.45
12970	0	0.000845	0	0.00457	8.16	7.89	4.79	175	48	16	12.5	2.71	5.42
12975	0.0058	0.00128	0.0174	0.0069	8.19	7.91	4.78	176	48.4	15.9	12.4	2.67	5.39
12980	0	0.000591	0	0.00316	8.19	7.93	4.77	177	48.8	15.9	12.3	2.63	5.36
12985	0	0.0208	0.0444	0.113	8.21	8.01	4.81	171	48.5	15.8	11.8	2.45	5.42
12990	0.0006	0.0236	0.0018	0.13	8.2	7.97	4.83	174	48.6	16	11.7	2.46	5.5
12995	0	0.00963	0	0.0537	8.19	7.94	4.83	174	48.3	16.1	11.8	2.51	5.56
13000	0.0001	0.00251	0.0003	0.014	8.19	7.93	4.82	175	48.3	16	11.8	2.54	5.58
13005	0	0.000497	0	0.00276	8.18	7.95	4.81	175	48.6	16	11.8	2.53	5.56
13010	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000437	8.18	7.97	4.8	175	49	15.9	11.7	2.5	5.53
13015	0	0.0000108	0	0.000053	8.17	7.99	4.79	175	49.3	15.9	11.7	2.45	5.5
13020	0	0.0000012	0	5.18E-07	8.17	8.01	4.78	174	49.7	15.8	11.6	2.41	5.47
13025	0	1.02E-07	0	-5.01E-06	8.16	8.03	4.78	174	50	15.8	11.5	2.37	5.44
13030	0	4E-09	0	-4.99E-06	8.15	8.04	4.77	173	50.2	15.7	11.5	2.33	5.42
13035	0	-7.49E-10	0	-4.46E-06	8.15	8.05	4.77	172	50.5	15.7	11.4	2.29	5.4
13040	0	-7.42E-10	0	-3.95E-06	8.14	8.07	4.76	172	50.7	15.7	11.3	2.26	5.38
13045	0	-7.05E-10	0	-3.49E-06	8.13	8.08	4.75	171	50.9	15.6	11.2	2.23	5.36
13050	0	-6.98E-10	0	-3.08E-06	8.13	8.09	4.75	171	51.1	15.6	11.1	2.2	5.34
13055	0.0225	0.00233	0.0675	0.0124	8.25	8.11	4.75	176	51.1	15.5	11	2.16	5.32
13060	0.0014	0.00485	0.0042	0.0257	8.25	8.1	4.74	177	51.2	15.5	11	2.15	5.31
13065	0.0051	0.00273	0.0153	0.0145	8.27	8.1	4.74	177	51.1	15.5	10.9	2.15	5.31
13070	0.0085	0.00422	0.0255	0.0224	8.29	8.1	4.75	179	51.1	15.5	10.8	2.14	5.31
13075	0.0126	0.00552	0.0378	0.0295	8.3	8.11	4.75	178	51	15.5	10.6	2.14	5.33
13080	0.0033	0.00698	0.0099	0.0375	8.31	8.1	4.76	180	51.1	15.6	10.6	2.14	5.37
13085	0.0251	0.00988	0.0753	0.054	8.32	8.12	4.79	179	50.9	15.6	10.4	2.12	5.44
13090	0.0162	0.0157	0.0486	0.088	8.33	8.11	4.82	179	50.9	15.8	10.3	2.12	5.55
13095	0.0018	0.0107	0.0054	0.0612	8.33	8.09	4.83	180	50.8	15.9	10.3	2.16	5.66
13100	0.02	0.00918	0.06	0.0532	8.34	8.1	4.85	179	50.6	16	10.1	2.16	5.76
13105	0	0.00817	0	0.048	8.33	8.09	4.86	180	50.6	16.1	10.2	2.18	5.85
13110	0.0086	0.0041	0.0258	0.0242	8.34	8.08	4.86	179	50.5	16.1	10.1	2.2	5.89
13115	0.0116	0.00748	0.0348	0.0446	8.34	8.09	4.87	178	50.6	16.2	9.99	2.19	5.95
13120	0.0123	0.0103	0.0369	0.0622	8.35	8.1	4.88	178	50.6	16.3	9.92	2.18	6.01
13125	0.03	0.00991	0.09	0.0604	8.35	8.11	4.89	173	50.2	16.3	9.68	2.15	6.08
13130	0.0006	0.0145	0.0018	0.09	8.35	8.1	4.91	177	50.4	16.4	9.72	2.16	6.16
13135	0.01	0.0106	0.03	0.0681	8.35	8.09	4.92	177	50.2	16.5	9.68	2.18	6.23
13140	0.0033	0.0061	0.0099	0.0384	8.35	8.08	4.91	176	50.1	16.6	9.66	2.21	6.27
13145	0.02	0.00673	0.06	0.0425	8.35	8.09	4.92	173	50	16.6	9.51	2.19	6.3
13150	0.01	0.0104	0.03	0.0659	8.36	8.1	4.93	174	50.1	16.6	9.46	2.17	6.35
13155	0.01	0.0119	0.03	0.0767	8.36	8.1	4.94	175	50.1	16.7	9.44	2.17	6.41
13160	0.01	0.00936	0.03	0.0605	8.36	8.09	4.94	174	49.9	16.8	9.4	2.18	6.45
13165	0.01	0.00944	0.03	0.0613	8.36	8.09	4.95	174	49.9	16.8	9.36	2.18	6.49
13170	0.0272	0.0111	0.0816	0.0724	8.36	8.1	4.96	170	49.6	16.9	9.2	2.15	6.52
13175	0	0.0132	0	0.087	8.35	8.09	4.96	173	49.8	16.9	9.25	2.16	6.57
13180	0.0212	0.0109	0.0636	0.072	8.35	8.1	4.96	171	49.5	17	9.19	2.15	6.6
13185	0.0213	0.0183	0.0639	0.122	8.35	8.1	4.98	171	49.5	17	9.16	2.13	6.64
13190	0	0.0117	0	0.0777	8.35	8.08	4.97	172	49.4	17.1	9.21	2.16	6.66
13195	0.03	0.0107	0.09	0.0714	8.35	8.1	4.97	168	49.1	17	9.1	2.13	6.67
13200	0	0.0129	0	0.0859	8.35	8.09	4.97	170	49.3	17	9.13	2.15	6.67
13205	0.0138	0.00647	0.0414	0.0564	8.35	8.08	4.97	168	49.1	17	9.08	2.15	6.66
13210	0.0088	0.00741	0.0264	0.0492	8.34	8.08	4.96	167	49	17	9.04	2.16	6.64
13215	0.0321	0.0165	0.0963	0.11	8.34	8.11	4.98	167	48.9	17	9	2.11	6.66
13220	0	0.0153	0	0.102	8.34	8.09	4.97	168	49	17	9.07	2.12	6.66
13225	0	0.00582	0	0.0386	8.33	8.07	4.96	169	48.8	17	9.15	2.16	6.64
13230	0.01	0.002	0.03	0.0131	8.33	8.07	4.95	166	48.7	16.9	9.08	2.16	6.59
13235	0.0203	0.0112	0.0609	0.0731	8.33	8.11	4.95	167	49	16.8	9.04	2.11	6.55
13240	0.0009	0.00904	0.0027	0.0588	8.33	8.09	4.94	167	49	16.8	9.05	2.12	6.52
13245	0.0146	0.00616	0.0438	0.0398	8.33	8.09	4.93	165	48.8	16.7	8.99	2.11	6.48
13250	0	0.00627	0	0.0403	8.33	8.09	4.93	166	49	16.7	9.04	2.11	6.43
13255	0.0172	0.00429	0.0516	0.0274	8.33	8.1	4.92	163	48.8	16.6	8.92	2.1	6.39
13260	0.0315	0.0131	0.0945	0.0838	8.33	8.12	4.93	161	48.6	16.6	8.8	2.05	6.39
13265	0.0064	0.018	0.0192	0.116	8.32	8.11	4.94	163	48.7	16.6	8.85	2.04	6.42
13270	0.0016	0.0113	0.0048	0.073	8.32	8.09	4.94	164	48.6	16.7	8.93	2.08	6.44
13275	0.0181	0.00813	0.0543	0.0523	8.32	8.09	4.93	162	48.4	16.7	8.89	2.08	6.44
13280	0.0146	0.0114	0.0438	0.0731	8.32	8.1	4.93	162	48.3	16.6	8.86	2.07	6.44
13285	0.0242	0.0111	0.0726	0.0714	8.31	8.09	4.93	158	48	16.6	8.72	2.06	6.44
13290	0.0275	0.0236	0.0825	0.153	8.31	8.11	4.95	160	47.9	16.6	8.74	2.03	6.47
13295	0	0.0168	0	0.109	8.31	8.08	4.95	161	48	16.7	8.83	2.07	6.49
13300	0.0003	0.00586	0.0009	0.0379	8.3	8.06	4.93	162	47.8	16.7	8.91	2.11	6.47
13305	0.0029	0.00198	0.0087	0.0127	8.3	8.06	4.92	162	47.8	16.6	8.95	2.13	6.42
13310	0.02	0.00231	0.06	0.0146	8.3	8.08	4.9	157	47.7	16.4	8.82	2.11	6.34
13315	0.0191	0.0138	0.0573	0.0871	8.3	8.1	4.91	159	47.9	16.3	8.82	2.06	6.3
13320	0	0.0107	0	0.0673	8.29	8.08	4.9	160	47.9	16.3	8.89	2.07	6.27
13325	0	0.00374	0	0.0232	8.29	8.07	4.89	161	47.8	16.3	8.97	2.09	6.23
13330	0	0.000872	0	0.00535	8.28	8.07	4.87	161	47.9	16.2	9.04	2.1	6.17
13335	0	0.000157	0	0.000943	8.28	8.09	4.86	161	48.1	16.1	9.08	2.09	6.11
13340	0	0.0141	1.38	0.0859	7.4	7.61	4.88	118	41	16.2	13.6	2.54	6.09
13345	0	0.0177	0	0.107	7.38	7.59	4.86	125	40.7	16.2	16.5	2.88	6.04
13350	0	0.0156	0.00708	0.0925	7.49	7.59	4.85	129	41.5	16.1	18.2	2.96	5.96
13355	0	0.0139	0.00177	0.0812	7.53	7.6	4.83	132	41.8	16	19	3.01	5.88
13360	0	0.00681	0	0.0509	7.53	7.6	4.81	133	42.1	16	19.4	3.04	5.8
13365	0	0.00292	0	0.0167	7.52	7.6	4.79	133	42.2	15.9	19.5	3.05	5.74
13370	0	0.000665	0	0.00376	7.51	7.61	4.78	133	42.2	15.8	19.5	3.06	5.68
13375	0.0001	0.000117	0.0003	0.00065	7.55	7.61	4.77	135	42.3	15.8	19	3.06	5.84
13380	0	0.0000166	0	0.0000859	7.6	7.61	4.76	137	42.3	15.7	18.1	3.05	5.6
13385	0	1.98E-06	0	4.05E-06	7.63	7.61	4.75	138	42.3	15.7	17.2	3.05	5.56
13390	0	1.81E-07	0	-5.09E-06	7.65	7.62	4.75	139	42.4	15.6	16.4	3.04	5.53
13395	0.005	0.000586	0.015	0.00321	7.77	7.62	4.74	146	42.4	15.6	15.8	3.04	5.5
13400	0.0076	0.00134	0.0228	0.00732	7.89	7.62	4.73	151	42.5	15.5	14.9	3.03	5.47
13405	0.0148	0.00659	0.0438	0.0356	8	7.63	4.72	157	42.6	15.4	14	3.03	5.43
13410	0.0001	0.00417	0.0003	0.0225	8.01	7.64	4.71	158	42.8	15.4	13.5	3.03	5.4
13415	0.0054	0.00204	0.0162	0.011	8.06	7.68	4.						

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

13425	0.0415	0.0158	0.125	0.0852	8.18	7.88	4.72	163	46	15.3	11.6	2.66	5.39
13430	0.0628	0.0334	0.188	0.183	8.22	7.94	4.77	161	46.3	15.4	10.9	2.52	5.46
13435	0	0.0342	0	0.193	8.22	7.9	4.8	168	46.6	15.6	10.8	2.55	5.59
13440	0	0.015	0	0.086	8.22	7.87	4.8	169	46.6	15.8	10.8	2.61	5.7
13445	0.0764	0.0108	0.229	0.0626	8.27	7.96	4.82	154	46.4	15.9	9.89	2.48	5.79
13450	0.0438	0.0463	0.131	0.279	8.28	8	4.88	164	46.7	15.9	9.76	2.36	5.96
13455	0.0188	0.0453	0.0564	0.281	8.29	7.96	4.91	168	46.8	16.3	9.73	2.38	6.15
13460	0	0.0214	0	0.135	8.29	7.92	4.91	169	46.7	16.5	9.79	2.46	6.28
13465	0.0003	0.00638	0.0009	0.0406	8.28	7.91	4.9	169	46.6	16.8	9.85	2.51	6.34
13470	0.0145	0.0058	0.0435	0.0369	8.3	7.95	4.9	168	47.1	16.5	9.73	2.48	6.35
13475	0.0062	0.00521	0.0186	0.033	8.3	7.96	4.89	167	47.2	16.5	9.61	2.45	6.34
13480	0.0014	0.00388	0.0042	0.0245	8.3	7.97	4.88	168	47.4	16.4	9.59	2.44	6.32
13485	0.0006	0.00198	0.0018	0.0124	8.3	7.97	4.88	168	47.6	16.4	9.59	2.42	6.29
13490	0.0027	0.000934	0.0081	0.00582	8.3	7.99	4.87	168	47.9	16.3	9.55	2.39	6.25
13495	0.0001	0.000528	0.0003	0.00327	8.3	8.01	4.86	169	48.2	16.3	9.55	2.35	6.21
13500	0.0006	0.000228	0.0024	0.0014	8.3	8.02	4.85	169	48.5	16.2	9.54	2.32	6.18
13505	0.0024	0.000213	0.0072	0.0013	8.3	8.04	4.85	169	48.8	16.2	9.49	2.28	6.14
13510	0.0152	0.00227	0.0456	0.0138	8.32	8.06	4.84	167	48.9	16.1	9.31	2.22	6.1
13515	0.0311	0.0175	0.0933	0.108	8.33	8.1	4.87	167	49	16.2	9.17	2.14	6.15
13520	0.0053	0.0159	0.0159	0.0996	8.33	8.08	4.89	168	49	16.3	9.11	2.14	6.23
13525	0.0059	0.00903	0.0177	0.0571	8.33	8.07	4.89	168	48.8	16.4	9.05	2.15	6.3
13530	0	0.00394	0	0.025	8.33	8.08	4.89	169	48.8	16.5	9.04	2.18	6.33
13535	0	0.00111	0	0.00702	8.33	8.06	4.89	169	48.9	16.4	9.07	2.18	6.34
13540	0.0309	0.00237	0.0927	0.015	8.34	8.1	4.88	162	48.8	16.4	8.77	2.12	6.33
13545	0.0079	0.0156	0.0237	0.1	8.34	8.12	4.91	167	49.2	16.5	8.76	2.07	6.39
13550	0.0044	0.0111	0.0132	0.0718	8.34	8.1	4.92	166	49.1	16.6	8.75	2.08	6.46
13555	0.0203	0.0112	0.0609	0.0733	8.35	8.11	4.93	165	48.9	16.7	8.68	2.07	6.54
13560	0.0176	0.014	0.0528	0.0929	8.35	8.11	4.95	165	48.8	16.8	8.61	2.06	6.61
13565	0.0304	0.0153	0.0912	0.102	8.34	8.11	4.96	161	48.4	16.9	8.47	2.04	6.68
13570	0.0082	0.018	0.0246	0.122	8.34	8.1	4.97	163	48.5	17	8.47	2.05	6.74
13575	0	0.0116	0	0.0788	8.34	8.08	4.96	165	48.4	17	8.56	2.09	6.76
13580	0	0.00434	0	0.0292	8.33	8.06	4.95	165	48.3	17	8.64	2.13	6.75
13585	0	0.00108	0	0.00725	8.33	8.07	4.94	166	48.3	16.9	8.7	2.14	6.71
13590	0	0.000207	0	0.00136	8.32	8.08	4.93	166	48.6	16.8	8.75	2.13	6.65
13595	0.0063	0.000619	0.0189	0.00404	8.33	8.1	4.91	164	48.8	16.7	8.7	2.1	6.58
13600	0.0004	0.000922	0.0012	0.00596	8.33	8.11	4.9	165	49.1	16.6	8.69	2.07	6.5
13605	0	0.000321	0	0.00205	8.33	8.12	4.89	165	49.3	16.5	8.71	2.05	6.44
13610	0	0.0000684	0	0.000425	8.32	8.13	4.88	166	49.5	16.4	8.73	2.02	6.38
13615	0.001	0.000771	0.00477	0.00484	8.31	8.15	4.87	160	49.6	16.3	8.57	1.98	6.32
13620	0.0204	0.0196	10.2	0.12	7.48	7.85	4.87	130	42.9	16.4	13.8	2.55	6.18
13625	0	0.0231	0.00177	0.139	7.72	7.65	4.85	145	42.6	16.3	15.8	2.95	6.06
13630	0	0.0134	0	0.0791	7.74	7.63	4.83	147	45.1	16.2	16.3	2.89	5.95
13635	0	0.0119	0.0111	0.0692	7.94	7.66	4.81	157	43.6	16.1	15.5	2.98	5.85
13640	0.0129	0.0164	0.0387	0.0942	8.02	7.68	4.8	163	44.1	16	14.8	3.03	5.78
13645	0.0181	0.0168	0.0543	0.0959	8.09	7.69	4.79	167	44.4	16	14.1	3.05	5.74
13650	0.0216	0.0163	0.0648	0.093	8.13	7.75	4.79	169	45.3	16	13.5	3.01	5.72
13655	0	0.0124	0	0.0707	8.12	7.77	4.79	171	46	16	13.4	2.98	5.71
13660	0.0002	0.00462	0.0006	0.0263	8.11	7.78	4.77	171	46.3	16	13.4	2.96	5.7
13665	0	0.0115	0.0111	0.0657	8.14	7.85	4.78	170	46.9	16	13	2.84	5.7
13670	0	0.0114	0	0.0651	8.12	7.83	4.78	170	47	16	13	2.83	5.7
13675	0	0.00419	0	0.0238	8.12	7.82	4.77	171	47	15.9	13	2.84	5.69
13680	0	0.00101	0	0.00568	8.11	7.84	4.75	171	47.3	15.9	13	2.82	5.65
13685	0.03	0.00643	0.09	0.0475	8.18	7.91	4.76	173	47.9	15.8	12.6	2.71	5.64
13690	0	0.00921	0	0.0519	8.17	7.88	4.75	174	47.8	15.8	12.6	2.71	5.64
13695	0	0.00349	0	0.0196	8.17	7.87	4.74	175	47.7	15.8	12.6	2.73	5.62
13700	0	0.000845	0	0.00472	8.16	7.89	4.73	175	48	15.7	12.6	2.72	5.6
13705	0.0058	0.00128	0.0174	0.00713	8.19	7.91	4.72	176	48.4	15.7	12.4	2.67	5.57
13710	0	0.000591	0	0.00327	8.19	7.93	4.71	177	48.7	15.6	12.3	2.63	5.55
13715	0	0.0208	0.0444	0.117	8.21	8.01	4.75	172	48.5	15.6	11.8	2.46	5.6
13720	0.0006	0.0236	0.0018	0.134	8.2	7.97	4.77	174	48.6	15.7	11.8	2.46	5.67
13725	0	0.00963	0	0.0553	8.19	7.93	4.77	175	48.3	15.8	11.8	2.52	5.72
13730	0.0001	0.00251	0.0003	0.0144	8.19	7.93	4.76	175	48.3	15.8	11.8	2.55	5.74
13735	0	0.000497	0	0.00284	8.18	7.95	4.75	175	48.6	15.7	11.8	2.54	5.72
13740	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000451	8.18	7.97	4.74	175	48.9	15.7	11.8	2.5	5.7
13745	0	0.0000108	0	0.0000553	8.17	7.99	4.73	175	49.3	15.6	11.7	2.46	5.67
13750	0	0.0000012	0	0.0000013	8.17	8.01	4.73	174	49.6	15.6	11.7	2.41	5.64
13755	0	1.02E-07	0	-4.44E-06	8.16	8.02	4.72	174	49.9	15.5	11.6	2.37	5.62
13760	0	4E-09	0	-4.47E-06	8.15	8.04	4.71	173	50.2	15.5	11.5	2.33	5.59
13765	0	-7.49E-10	0	-3.98E-06	8.15	8.05	4.71	173	50.5	15.4	11.4	2.3	5.57
13770	0	-7.42E-10	0	-3.51E-06	8.14	8.06	4.7	172	50.7	15.4	11.3	2.27	5.55
13775	0	-7.05E-10	0	-3.08E-06	8.14	8.08	4.69	171	50.9	15.4	11.3	2.24	5.54
13780	0	-6.98E-10	0	-2.71E-06	8.13	8.09	4.69	171	51.1	15.3	11.2	2.21	5.52
13785	0.0225	0.00233	0.0675	0.0128	8.25	8.1	4.69	176	51	15.3	11.1	2.17	5.51
13790	0.0014	0.00485	0.0042	0.0266	8.25	8.1	4.68	177	51.1	15.3	11	2.16	5.5
13795	0.0051	0.00273	0.0153	0.015	8.27	8.09	4.68	178	51	15.3	11	2.17	5.49
13800	0.0085	0.00422	0.0255	0.0232	8.29	8.1	4.69	179	51	15.3	10.9	2.16	5.5
13805	0.0126	0.00552	0.0378	0.0305	8.3	8.1	4.69	178	50.9	15.3	10.7	2.15	5.51
13810	0.0033	0.00698	0.0099	0.0387	8.31	8.1	4.7	180	51	15.3	10.6	2.16	5.54
13815	0.0251	0.00988	0.0753	0.0555	8.32	8.11	4.73	179	50.8	15.4	10.4	2.13	5.6
13820	0.0162	0.0157	0.0486	0.0902	8.33	8.11	4.76	179	50.8	15.5	10.3	2.13	5.7
13825	0.0018	0.0107	0.0054	0.0626	8.33	8.09	4.77	180	50.7	15.7	10.3	2.17	5.8
13830	0.02	0.00918	0.06	0.0544	8.34	8.1	4.79	179	50.5	15.8	10.2	2.17	5.89
13835	0	0.00817	0	0.049	8.33	8.08	4.8	180	50.6	15.8	10.2	2.19	5.97
13840	0.0086	0.0041	0.0258	0.0247	8.34	8.08	4.8	179	50.4	15.9	10.1	2.21	6.01
13845	0.0116	0.00748	0.0348	0.0455	8.34	8.09	4.81	178	50.6	15.9	10	2.2	6.06
13850	0.0123	0.0103	0.0369	0.0634	8.35	8.1	4.83	179	50.6	16	9.97	2.19	6.12
13855	0.03	0.00991	0.09	0.0614	8.35	8.1	4.84	173	50.1	16.1	9.72	2.16	6.18
13860	0.0006	0.0145	0.0018	0.0914	8.35	8.1	4.85	177	50.3	16.2	9.77	2.17	6.26
13865	0.01	0.0108	0.03	0.067	8.35	8.09	4.86	177	50.2	16.3	9.73	2.19	6.33
13870	0.0033	0.0081	0.0099	0.0389	8.35	8.07	4.86	177	50.1	16.3	9.71	2.21	6.37
13875	0.02	0.00673	0.06	0.0431	8.35	8.09	4.87	173	50	16.3	9.56	2.19	6.39
13880	0.01	0.0104											

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

13890	0.01	0.00936	0.03	0.0613	8.36	8.09	4.89	174	49.9	16.5	9.44	2.18	6.53
13895	0.01	0.00944	0.03	0.0621	8.36	8.09	4.89	174	49.9	16.6	9.4	2.19	6.57
13900	0.0272	0.0111	0.0816	0.0733	8.36	8.1	4.9	170	49.6	16.6	9.24	2.16	6.6
13905	0	0.0132	0	0.088	8.35	8.09	4.91	173	49.8	16.7	9.29	2.17	6.64
13910	0.0212	0.0109	0.0636	0.0728	8.35	8.09	4.91	171	49.5	16.7	9.23	2.16	6.67
13915	0.0213	0.0183	0.0639	0.123	8.35	8.1	4.93	171	49.5	16.8	9.2	2.14	6.71
13920	0	0.0117	0	0.0786	8.35	8.08	4.92	172	49.4	16.8	9.25	2.17	6.73
13925	0.03	0.0107	0.09	0.0722	8.35	8.1	4.92	168	49.1	16.8	9.13	2.14	6.74
13930	0	0.0129	0	0.0868	8.35	8.09	4.92	171	49.3	16.8	9.17	2.15	6.74
13935	0.0138	0.00847	0.0414	0.057	8.35	8.08	4.92	169	49	16.8	9.12	2.16	6.73
13940	0.0088	0.00741	0.0264	0.0497	8.34	8.08	4.91	167	49	16.8	9.07	2.16	6.72
13945	0.0321	0.0165	0.0963	0.111	8.34	8.11	4.93	167	48.8	16.8	9.03	2.11	6.73
13950	0	0.0153	0	0.103	8.34	8.09	4.92	169	49	16.8	9.11	2.13	6.74
13955	0	0.00582	0	0.0391	8.33	8.07	4.91	169	48.8	16.8	9.18	2.17	6.72
13960	0.01	0.002	0.03	0.0133	8.33	8.07	4.9	166	48.7	16.7	9.12	2.17	6.67
13965	0.0203	0.0112	0.0609	0.074	8.33	8.11	4.9	167	49	16.6	9.07	2.12	6.63
13970	0.0009	0.00904	0.0027	0.0596	8.33	8.09	4.89	167	49	16.6	9.09	2.12	6.6
13975	0.0146	0.00616	0.0438	0.0404	8.33	8.09	4.88	165	48.8	16.5	9.02	2.11	6.56
13980	0	0.00627	0	0.0408	8.33	8.09	4.88	167	48.9	16.5	9.07	2.12	6.52
13985	0.0172	0.00429	0.0516	0.0278	8.33	8.1	4.87	163	48.7	16.4	8.96	2.11	6.48
13990	0.0315	0.0131	0.0945	0.085	8.33	8.12	4.88	161	48.6	16.4	8.83	2.05	6.48
13995	0.0064	0.018	0.0192	0.118	8.32	8.11	4.89	163	48.7	16.4	8.88	2.05	6.51
14000	0.0016	0.0113	0.0048	0.074	8.32	8.09	4.89	164	48.6	16.5	8.96	2.08	6.53
14005	0.0181	0.00813	0.0543	0.053	8.32	8.09	4.88	162	48.3	16.5	8.93	2.08	6.53
14010	0.0146	0.0114	0.0438	0.0741	8.32	8.1	4.88	162	48.3	16.4	8.9	2.08	6.52
14015	0.0242	0.0111	0.0726	0.0724	8.31	8.09	4.88	158	48	16.4	8.76	2.07	6.52
14020	0.0275	0.0236	0.0825	0.155	8.31	8.11	4.9	160	47.9	16.4	8.78	2.04	6.55
14025	0	0.0168	0	0.11	8.31	8.08	4.9	162	48	16.5	8.86	2.08	6.57
14030	0.0003	0.00586	0.0009	0.0384	8.3	8.06	4.88	162	47.8	16.5	8.94	2.12	6.55
14035	0.0029	0.00198	0.0087	0.0128	8.3	8.06	4.87	162	47.8	16.4	8.98	2.14	6.51
14040	0.02	0.00231	0.06	0.0148	8.3	8.08	4.85	157	47.7	16.2	8.86	2.11	6.43
14045	0.0191	0.0138	0.0573	0.0884	8.3	8.1	4.86	159	47.9	16.2	8.85	2.06	6.4
14050	0	0.0107	0	0.0683	8.29	8.08	4.85	160	47.9	16.1	8.92	2.07	6.37
14055	0	0.00374	0	0.0236	8.29	8.07	4.84	161	47.8	16.1	9.01	2.1	6.32
14060	0	0.000872	0	0.00544	8.28	8.07	4.82	161	47.9	16	9.07	2.1	6.27
14065	0	0.000157	0	0.000961	8.28	8.09	4.81	162	48.1	15.9	9.11	2.09	6.22
14070	0	0.0141	1.38	0.0874	7.41	7.61	4.83	118	41	16.1	13.6	2.55	6.2
14075	0	0.0177	0	0.109	7.39	7.6	4.82	125	40.8	16	18.5	2.88	6.16
14080	0	0.0156	0.00708	0.0945	7.49	7.59	4.8	129	41.6	15.9	18.3	2.97	6.09
14085	0	0.0139	0.00177	0.083	7.54	7.6	4.78	132	41.8	15.8	19.1	3.01	6.01
14090	0	0.00881	0	0.0521	7.53	7.6	4.76	133	42.1	15.8	19.5	3.04	5.94
14095	0	0.00292	0	0.0171	7.52	7.61	4.74	133	42.2	15.7	19.6	3.05	5.88
14100	0	0.000665	0	0.00386	7.51	7.61	4.73	133	42.2	15.7	19.6	3.06	5.83
14105	0.0001	0.000117	0.0003	0.000669	7.54	7.61	4.72	135	42.3	15.6	19.2	3.06	5.79
14110	0	0.0000168	0	0.0000894	7.59	7.61	4.71	137	42.3	15.6	18.3	3.05	5.76
14115	0	1.98E-06	0	5.05E-06	7.62	7.61	4.71	138	42.4	15.5	17.4	3.05	5.72
14120	0	1.81E-07	0	-4.46E-06	7.64	7.62	4.7	139	42.4	15.4	16.6	3.05	5.7
14125	0.005	0.000586	0.015	0.00331	7.76	7.62	4.69	145	42.4	15.4	16	3.04	5.67
14130	0.0076	0.00134	0.0228	0.00755	7.89	7.62	4.68	151	42.5	15.3	15.1	3.04	5.63
14135	0.0146	0.00659	0.0438	0.0368	8	7.63	4.67	157	42.6	15.2	14.1	3.04	5.6
14140	0.0001	0.00417	0.0003	0.0232	8.01	7.64	4.66	158	42.8	15.2	13.6	3.04	5.57
14145	0.0054	0.00204	0.0162	0.0113	8.06	7.67	4.65	160	43.3	15.2	13	3	5.56
14150	0.013	0.00273	0.039	0.0151	8.12	7.75	4.65	162	44.4	15.2	12.4	2.87	5.54
14155	0.0415	0.0158	0.125	0.0878	8.18	7.87	4.67	163	46	15.2	11.6	2.67	5.55
14160	0.0628	0.0334	0.188	0.188	8.22	7.94	4.72	161	46.3	15.2	10.9	2.53	5.62
14165	0	0.0342	0	0.197	8.22	7.9	4.75	168	46.6	15.4	10.9	2.56	5.73
14170	0	0.015	0	0.0879	8.22	7.87	4.75	169	46.6	15.6	10.9	2.62	5.83
14175	0.0764	0.0108	0.229	0.0639	8.27	7.96	4.77	154	46.4	15.7	9.95	2.48	5.91
14180	0.0438	0.0463	0.131	0.283	8.28	8	4.83	164	46.6	15.8	9.82	2.37	6.06
14185	0.0188	0.0453	0.0564	0.284	8.29	7.96	4.86	168	46.8	16.1	9.78	2.39	6.23
14190	0	0.0214	0	0.137	8.28	7.92	4.86	169	46.7	16.3	9.85	2.47	6.36
14195	0.0003	0.00638	0.0009	0.0411	8.28	7.91	4.85	169	46.6	16.4	9.9	2.52	6.42
14200	0.0145	0.0058	0.0435	0.0374	8.29	7.95	4.85	168	47	16.3	9.78	2.49	6.44
14205	0.0062	0.00521	0.0186	0.0335	8.3	7.96	4.84	167	47.2	16.3	9.67	2.46	6.43
14210	0.0014	0.00388	0.0042	0.0249	8.3	7.96	4.84	168	47.4	16.3	9.64	2.44	6.41
14215	0.0006	0.00198	0.0018	0.0126	8.3	7.97	4.83	168	47.6	16.2	9.65	2.43	6.38
14220	0.0027	0.000934	0.0081	0.00591	8.3	7.99	4.82	168	47.9	16.2	9.6	2.4	6.35
14225	0.0001	0.000528	0.0003	0.00332	8.3	8.01	4.81	169	48.2	16.1	9.61	2.36	6.31
14230	0.0008	0.000228	0.0024	0.00142	8.3	8.02	4.81	169	48.5	16.1	9.59	2.33	6.28
14235	0.0024	0.000213	0.0072	0.00132	8.3	8.04	4.8	169	48.8	16	9.54	2.29	6.24
14240	0.0152	0.00227	0.0456	0.014	8.32	8.08	4.8	167	48.9	15.9	9.36	2.23	6.21
14245	0.0311	0.0175	0.0933	0.11	8.33	8.1	4.83	167	48.9	16	9.22	2.15	6.25
14250	0.0053	0.0159	0.0159	0.101	8.33	8.07	4.84	168	48.9	16.1	9.16	2.15	6.32
14255	0.0059	0.00903	0.0177	0.0578	8.33	8.06	4.84	168	48.7	16.2	9.1	2.17	6.38
14260	0	0.00394	0	0.0253	8.33	8.05	4.84	169	48.7	16.3	9.1	2.2	6.42
14265	0	0.00111	0	0.00711	8.33	8.06	4.84	169	48.8	16.3	9.12	2.2	6.42
14270	0.0309	0.00237	0.0927	0.0152	8.34	8.09	4.84	162	48.7	16.2	8.82	2.14	6.41
14275	0.0079	0.0156	0.0237	0.101	8.34	8.11	4.86	167	49.1	16.3	8.82	2.09	6.47
14280	0.0044	0.0111	0.0132	0.0725	8.34	8.09	4.87	166	49	16.4	8.8	2.1	6.54
14285	0.0203	0.0112	0.0609	0.074	8.34	8.1	4.89	165	48.8	16.5	8.73	2.08	6.6
14290	0.0176	0.014	0.0528	0.0938	8.34	8.1	4.9	165	48.7	16.6	8.67	2.07	6.67
14295	0.0304	0.0153	0.0912	0.103	8.34	8.11	4.91	161	48.3	16.7	8.52	2.05	6.73
14300	0.0082	0.018	0.0246	0.123	8.34	8.1	4.92	163	48.4	16.8	8.52	2.06	6.79
14305	0	0.0116	0	0.0794	8.33	8.07	4.92	165	48.3	16.9	8.61	2.1	6.82
14310	0	0.00434	0	0.0295	8.33	8.06	4.91	165	48.2	16.8	8.69	2.14	6.81
14315	0	0.00108	0	0.00731	8.33	8.08	4.89	166	48.3	16.7	8.76	2.15	6.77
14320	0	0.000207	0	0.00138	8.32	8.08	4.88	166	48.5	16.6	8.81	2.14	6.72
14325	0.0063	0.000619	0.0189	0.00408	8.33	8.09	4.87	164	48.8	16.5	8.75	2.11	6.65
14330	0.0004	0.000922	0.0012	0.00604	8.33	8.11	4.86	165	49.1	16.4	8.74	2.08	6.58
14335	0	0.000321	0	0.00208	8.32	8.12	4.85	165	49.3	16.3	8.76	2.06	6.53
14340	0	0.0000684	0	0.0000431	8.32	8.13	4.84	166	49.5	16.2	8.78	2.03	6.47
14345	0.001												

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

14355	0	0.0231	0.00177	0.142	7.72	7.64	4.8	145	42.6	16.1	15.9	2.96	6.16
14360	0	0.0134	0	0.0808	7.74	7.63	4.78	147	44.4	16.1	16.4	2.87	6.07
14365	0	0.0119	0.0111	0.0707	7.94	7.66	4.77	157	43.5	15.9	15.6	2.97	5.98
14370	0.0129	0.0164	0.0387	0.0963	8.02	7.68	4.75	163	44.1	15.9	14.8	3.03	5.91
14375	0.0181	0.0168	0.0543	0.0982	8.09	7.69	4.75	167	44.4	15.9	14.1	3.06	5.87
14380	0.0216	0.0163	0.0648	0.0952	8.13	7.75	4.75	169	45.7	15.9	13.5	3.03	5.86
14385	0	0.0124	0	0.0724	8.12	7.77	4.74	171	46.1	15.9	13.5	2.99	5.85
14390	0.0002	0.00462	0.0006	0.027	8.11	7.78	4.73	172	46.3	15.9	13.5	2.97	5.83
14395	0	0.0115	0.0111	0.0673	8.14	7.85	4.74	170	47	15.8	13.1	2.85	5.84
14400	0	0.0114	0	0.0667	8.12	7.83	4.73	170	47	15.8	13	2.84	5.84
14405	0	0.00419	0	0.0244	8.12	7.83	4.72	171	47	15.8	13.1	2.85	5.82
14410	0	0.00101	0	0.00582	8.11	7.84	4.71	172	47.4	15.7	13.1	2.82	5.8
14415	0.03	0.00843	0.09	0.0487	8.18	7.91	4.71	173	47.9	15.7	12.6	2.72	5.78
14420	0	0.00921	0	0.0532	8.17	7.88	4.71	174	47.8	15.7	12.6	2.72	5.78
14425	0	0.00349	0	0.0201	8.17	7.87	4.7	175	47.7	15.6	12.6	2.74	5.77
14430	0	0.000845	0	0.00485	8.16	7.89	4.69	176	48	15.6	12.6	2.72	5.75
14435	0.0058	0.00128	0.0174	0.00732	8.19	7.91	4.68	176	48.4	15.5	12.5	2.68	5.72
14440	0	0.000591	0	0.00336	8.19	7.93	4.67	177	48.8	15.5	12.4	2.64	5.7
14445	0	0.0208	0.0444	0.12	8.21	8.01	4.71	172	48.5	15.4	11.9	2.46	5.74
14450	0.0006	0.0236	0.0018	0.137	8.2	7.97	4.73	174	48.6	15.5	11.8	2.47	5.8
14455	0	0.00963	0	0.0565	8.19	7.94	4.73	175	48.3	15.6	11.9	2.52	5.85
14460	0.0001	0.00251	0.0003	0.0148	8.19	7.93	4.72	175	48.3	15.6	11.9	2.55	5.87
14465	0	0.000497	0	0.00291	8.18	7.95	4.71	175	48.6	15.6	11.9	2.54	5.85
14470	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000462	8.18	7.97	4.7	175	48.9	15.5	11.8	2.51	5.83
14475	0	0.0000108	0	0.0000574	8.17	7.99	4.69	175	49.3	15.5	11.8	2.47	5.81
14480	0	0.0000012	0	2.03E-06	8.17	8.01	4.68	174	49.6	15.4	11.7	2.42	5.78
14485	0	1.02E-07	0	-3.91E-06	8.16	8.02	4.68	174	49.9	15.4	11.6	2.38	5.76
14490	0	4E-09	0	-0.000004	8.15	8.04	4.67	173	50.2	15.3	11.6	2.34	5.74
14495	0	-7.49E-10	0	-3.55E-06	8.15	8.05	4.66	173	50.4	15.3	11.5	2.31	5.72
14500	0	-7.42E-10	0	-3.12E-06	8.14	8.06	4.66	172	50.7	15.3	11.4	2.27	5.7
14505	0	-7.05E-10	0	-2.72E-06	8.14	8.07	4.65	171	50.9	15.2	11.3	2.25	5.69
14510	0	-6.98E-10	0	-2.38E-06	8.13	8.08	4.65	171	51	15.2	11.2	2.22	5.68
14515	0.0225	0.00233	0.0675	0.0131	8.25	8.1	4.64	176	50.9	15.1	11.1	2.18	5.66
14520	0.0014	0.00485	0.0042	0.0274	8.25	8.1	4.64	177	51.1	15.1	11.1	2.18	5.65
14525	0.0051	0.00273	0.0153	0.0154	8.27	8.09	4.64	178	51	15.1	11	2.18	5.65
14530	0.0085	0.00422	0.0255	0.0239	8.29	8.1	4.64	179	51	15.1	10.9	2.17	5.65
14535	0.0126	0.00552	0.0378	0.0313	8.31	8.1	4.65	179	50.9	15.1	10.7	2.17	5.66
14540	0.0033	0.00698	0.0099	0.0397	8.31	8.1	4.66	181	50.9	15.2	10.6	2.17	5.68
14545	0.0251	0.00988	0.0753	0.0568	8.35	8.11	4.68	181	50.7	15.2	10.3	2.15	5.73
14550	0.0162	0.0157	0.0486	0.092	8.36	8.11	4.71	182	50.7	15.3	10.1	2.15	5.82
14555	0.0018	0.0107	0.0054	0.0638	8.36	8.08	4.73	183	50.6	15.5	10.1	2.18	5.91
14560	0.02	0.00918	0.06	0.0553	8.38	8.09	4.75	182	50.4	15.6	9.91	2.19	5.99
14565	0	0.00817	0	0.0497	8.36	8.08	4.76	183	50.5	15.7	9.96	2.21	6.06
14570	0.0086	0.0041	0.0258	0.0251	8.37	8.07	4.76	182	50.3	15.7	9.86	2.23	6.1
14575	0.0116	0.00748	0.0348	0.0481	8.38	8.09	4.77	182	50.4	15.7	9.74	2.22	6.15
14580	0.0123	0.0103	0.0369	0.0642	8.39	8.09	4.78	182	50.4	15.8	9.62	2.21	6.21
14585	0.03	0.00891	0.09	0.0622	8.4	8.1	4.79	177	50	15.9	9.3	2.18	6.26
14590	0.0006	0.0145	0.0018	0.0924	8.39	8.09	4.81	181	50.2	16	9.36	2.19	6.34
14595	0.01	0.0106	0.03	0.0678	8.4	8.08	4.82	181	50	16.1	9.31	2.21	6.4
14600	0.0033	0.0061	0.0099	0.0393	8.4	8.07	4.82	180	49.9	16.1	9.3	2.24	6.44
14605	0.02	0.00673	0.06	0.0435	8.41	8.08	4.82	178	49.8	16.2	9.11	2.22	6.46
14610	0.01	0.0104	0.03	0.0675	8.41	8.09	4.83	179	49.8	16.2	9.03	2.21	6.5
14615	0.01	0.0119	0.03	0.0785	8.41	8.08	4.84	179	49.8	16.3	9	2.2	6.55
14620	0.01	0.00936	0.03	0.0618	8.41	8.07	4.85	179	49.7	16.4	8.94	2.21	6.59
14625	0.01	0.00944	0.03	0.0626	8.41	8.08	4.85	178	49.7	16.4	8.88	2.22	6.63
14630	0.0272	0.0111	0.0816	0.0739	8.42	8.09	4.86	175	49.4	16.5	8.67	2.19	6.66
14635	0	0.0132	0	0.0887	8.41	8.08	4.87	177	49.6	16.5	8.77	2.2	6.7
14640	0.0212	0.0109	0.0636	0.0734	8.41	8.08	4.87	176	49.2	16.6	8.69	2.19	6.73
14645	0.0213	0.0183	0.0639	0.124	8.42	8.09	4.88	176	49.2	16.6	8.63	2.17	6.77
14650	0	0.0117	0	0.0792	8.4	8.06	4.88	176	49.2	16.7	8.72	2.21	6.79
14655	0.03	0.0107	0.09	0.0728	8.41	8.08	4.88	173	48.8	16.7	8.58	2.18	6.79
14660	0	0.0129	0	0.0875	8.4	8.07	4.88	175	49	16.7	8.66	2.19	6.8
14665	0.0138	0.00847	0.0414	0.0575	8.41	8.07	4.88	173	48.8	16.7	8.59	2.19	6.79
14670	0.0088	0.00741	0.0264	0.0502	8.4	8.07	4.87	172	48.8	16.6	8.54	2.2	6.78
14675	0.0321	0.0165	0.0963	0.112	8.41	8.09	4.89	172	48.6	16.6	8.46	2.15	6.79
14680	0	0.0153	0	0.104	8.39	8.07	4.88	173	48.7	16.7	8.58	2.16	6.79
14685	0	0.00582	0	0.0394	8.38	8.05	4.87	173	48.6	16.6	8.72	2.2	6.78
14690	0.01	0.002	0.03	0.0134	8.39	8.06	4.86	171	48.5	16.5	8.65	2.2	6.73
14695	0.0203	0.0112	0.0609	0.0747	8.4	8.09	4.86	171	48.7	16.5	8.57	2.15	6.7
14700	0.0009	0.00904	0.0027	0.0602	8.38	8.08	4.85	171	48.8	16.4	8.61	2.16	6.67
14705	0.0146	0.00616	0.0438	0.0408	8.39	8.08	4.84	170	48.6	16.4	8.52	2.15	6.63
14710	0	0.00627	0	0.0413	8.38	8.08	4.84	170	48.7	16.3	8.61	2.15	6.6
14715	0.0172	0.00429	0.0516	0.0281	8.39	8.08	4.83	167	48.5	16.2	8.46	2.14	6.56
14720	0.0315	0.0131	0.0945	0.0859	8.4	8.11	4.84	166	48.3	16.2	8.28	2.08	6.55
14725	0.0064	0.018	0.0192	0.119	8.39	8.1	4.85	168	48.4	16.3	8.32	2.08	6.58
14730	0.0016	0.0113	0.0048	0.0747	8.38	8.08	4.85	169	48.3	16.3	8.44	2.12	6.6
14735	0.0181	0.00613	0.0543	0.0536	8.38	8.08	4.84	167	48.1	16.3	8.38	2.12	6.59
14740	0.0146	0.0114	0.0438	0.0749	8.39	8.08	4.84	167	48	16.3	8.33	2.11	6.59
14745	0.0242	0.0111	0.0726	0.0731	8.39	8.08	4.84	163	47.7	16.3	8.13	2.1	6.59
14750	0.0275	0.0236	0.0825	0.157	8.39	8.09	4.86	166	47.6	16.3	8.12	2.08	6.61
14755	0	0.0168	0	0.111	8.37	8.06	4.86	166	47.6	16.4	8.25	2.11	6.63
14760	0.0003	0.00586	0.0009	0.0388	8.36	8.04	4.86	166	47.5	16.3	8.39	2.16	6.62
14765	0.0029	0.00198	0.0087	0.013	8.35	8.04	4.83	166	47.5	16.2	8.47	2.18	6.58
14770	0.02	0.00231	0.06	0.015	8.37	8.07	4.81	162	47.4	16.1	8.31	2.15	6.51
14775	0.0191	0.0138	0.0573	0.0895	8.37	8.09	4.82	164	47.6	16	8.28	2.1	6.47
14780	0	0.0107	0	0.0691	8.35	8.07	4.81	164	47.6	16	8.39	2.11	6.44
14785	0	0.00374	0	0.0239	8.34	8.06	4.8	164	47.5	16	8.53	2.13	6.4
14790	0	0.000872	0	0.00552	8.33	8.06	4.78	164	47.6	15.9	8.65	2.14	6.36
14795	0	0.000157	0	0.0000976	8.32	8.07	4.77	164	47.8	15.8	8.74	2.12	6.31
14800	0	0.0141	1.38	0.0887	7.41	7.61	4.79	124	41	15.9	13.7	2.57	6.29
14805	0	0.0177	0	0.11	7.39	7.6	4.78	125	40.8	15.9	16.7	2.9	6.25
14810	0	0.0156	0.00708	0.0961									

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

14820	0	0.00881	0	0.0531	7.53	7.61	4.72	133	42.1	15.6	19.6	3.04	6.05
14825	0	0.00292	0	0.0175	7.52	7.61	4.71	133	42.2	15.6	19.7	3.05	6
14830	0	0.000665	0	0.00394	7.55	7.61	4.69	135	42.2	15.5	19.4	3.06	5.96
14835	0.0001	0.000117	0.0003	0.000684	7.6	7.61	4.68	138	42.3	15.5	18.5	3.06	5.92
14840	0	0.0000168	0	0.0000922	7.64	7.61	4.68	139	42.3	15.4	17.6	3.06	5.89
14845	0	1.98E-06	0	5.87E-06	7.66	7.62	4.67	140	42.4	15.4	16.7	3.05	5.86
14850	0	1.81E-07	0	-3.93E-06	7.68	7.62	4.66	141	42.4	15.3	16	3.05	5.83
14855	0.005	0.000596	0.015	0.00339	7.8	7.62	4.65	147	42.4	15.3	15.4	3.04	5.81
14860	0.0076	0.00134	0.0228	0.00774	7.91	7.62	4.64	153	42.5	15.2	14.7	3.04	5.78
14865	0.0146	0.00659	0.0438	0.0377	8.02	7.64	4.63	158	42.6	15.1	13.8	3.04	5.74
14870	0.0001	0.00417	0.0003	0.0238	8.02	7.64	4.62	159	42.8	15.1	13.4	3.04	5.72
14875	0.0054	0.00204	0.0162	0.0116	8.07	7.64	4.62	161	42.8	15.1	12.9	3.04	5.71
14880	0.013	0.00273	0.039	0.0155	8.14	7.74	4.61	163	44.1	15	12.2	2.91	5.69
14885	0.0415	0.0158	0.125	0.0901	8.21	7.87	4.63	166	45.8	15	11.4	2.71	5.7
14890	0.0628	0.0334	0.188	0.193	8.27	7.93	4.68	165	46.2	15.1	10.6	2.55	5.75
14895	0	0.0342	0	0.201	8.26	7.89	4.71	171	46.4	15.3	10.6	2.59	5.85
14900	0	0.015	0	0.0895	8.25	7.86	4.71	171	46.4	15.5	10.6	2.65	5.94
14905	0.0764	0.0108	0.229	0.065	8.33	7.95	4.73	158	46.2	15.5	9.52	2.51	6.02
14910	0.0438	0.0463	0.131	0.287	8.34	7.99	4.79	169	46.4	15.6	9.35	2.4	6.15
14915	0.0188	0.0453	0.0564	0.288	8.35	7.95	4.82	172	46.5	15.9	9.3	2.42	6.31
14920	0	0.0214	0	0.138	8.33	7.91	4.82	173	46.5	16.2	9.41	2.5	6.43
14925	0.0003	0.00638	0.0009	0.0415	8.32	7.9	4.81	173	46.5	16.2	9.52	2.55	6.49
14930	0.0145	0.0058	0.0435	0.0378	8.34	7.94	4.81	172	46.9	16.2	9.39	2.51	6.51
14935	0.0062	0.00521	0.0186	0.0339	8.35	7.95	4.81	171	47	16.2	9.26	2.49	6.5
14940	0.0014	0.00388	0.0042	0.0252	8.34	7.96	4.8	172	47.2	16.1	9.27	2.47	6.49
14945	0.0006	0.00198	0.0018	0.0128	8.34	7.97	4.79	172	47.5	16.1	9.31	2.45	6.46
14950	0.0027	0.000934	0.0081	0.00599	8.34	7.98	4.78	171	47.7	16	9.29	2.42	6.43
14955	0.0001	0.000528	0.0003	0.00336	8.33	8	4.78	172	48.1	16	9.33	2.38	6.4
14960	0.0006	0.000228	0.0024	0.00144	8.33	8.02	4.77	172	48.4	15.9	9.36	2.34	6.36
14965	0.0024	0.000213	0.0072	0.00134	8.33	8.03	4.76	172	48.6	15.9	9.32	2.3	6.33
14970	0.0152	0.00227	0.0456	0.0143	8.36	8.06	4.76	170	48.7	15.8	9.08	2.25	6.3
14975	0.0311	0.0175	0.0933	0.111	8.38	8.09	4.79	172	48.7	15.9	8.86	2.17	6.33
14980	0.0053	0.0159	0.0159	0.102	8.38	8.06	4.8	172	48.5	16	8.77	2.18	6.4
14985	0.0059	0.00903	0.0177	0.0585	8.39	8.04	4.81	172	48.4	16.1	8.69	2.21	6.45
14990	0	0.00394	0	0.0256	8.38	8.03	4.81	172	48.3	16.1	8.71	2.24	6.49
14995	0	0.00111	0	0.00719	8.37	8.04	4.8	173	48.4	16.1	8.78	2.24	6.49
15000	0.0309	0.00237	0.0927	0.0153	8.4	8.08	4.8	166	48.4	16.1	8.4	2.18	6.48
15005	0.0079	0.0156	0.0237	0.102	8.4	8.09	4.83	171	48.8	16.2	8.37	2.13	6.54
15010	0.0044	0.0111	0.0132	0.0732	8.4	8.08	4.83	171	48.7	16.3	8.35	2.14	6.6
15015	0.0203	0.0112	0.0609	0.0746	8.41	8.08	4.85	171	48.5	16.4	8.24	2.12	6.66
15020	0.0176	0.014	0.0528	0.0944	8.41	8.08	4.86	170	48.4	16.5	8.13	2.11	6.72
15025	0.0304	0.0153	0.0912	0.104	8.42	8.09	4.88	167	48	16.6	7.92	2.09	6.78
15030	0.0082	0.018	0.0246	0.123	8.42	8.08	4.88	168	48	16.7	7.91	2.11	6.83
15035	0	0.0116	0	0.0799	8.4	8.06	4.88	170	48	16.7	8.05	2.15	6.86
15040	0	0.00434	0	0.0297	8.39	8.04	4.87	170	47.9	16.7	8.19	2.18	6.85
15045	0	0.00108	0	0.00737	8.38	8.05	4.86	170	48	16.6	8.31	2.19	6.82
15050	0	0.000207	0	0.00139	8.37	8.06	4.85	170	48.2	16.5	8.42	2.18	6.77
15055	0.0063	0.000619	0.0189	0.00413	8.38	8.08	4.83	168	48.5	16.4	8.36	2.15	6.71
15060	0.0004	0.000922	0.0012	0.0061	8.37	8.09	4.82	168	48.8	16.3	8.38	2.12	6.65
15065	0	0.000321	0	0.0021	8.36	8.11	4.81	168	49	16.2	8.43	2.09	6.6
15070	0	0.0000684	0	0.000437	8.36	8.12	4.8	169	49.3	16.1	8.49	2.06	6.55
15075	0.001	0.000771	0.00477	0.00498	8.36	8.14	4.79	164	49.3	16	8.29	2.02	6.49
15080	0.0204	0.0196	0.102	0.124	7.74	7.63	4.79	139	42.7	16.1	11.8	2.58	6.36
15085	0	0.0231	0.00177	0.144	7.64	7.63	4.77	139	42.4	18	15.3	2.98	6.26
15090	0	0.0134	0	0.0822	7.64	7.64	4.74	135	44.4	16	17.8	2.9	6.17
15095	0	0.0119	0.0111	0.0721	7.94	7.66	4.73	164	43.5	15.8	15.4	2.98	6.09
15100	0.0129	0.0164	0.0387	0.0982	8.05	7.68	4.72	166	44.1	15.8	14.5	3.03	6.02
15105	0.0181	0.0168	0.0543	0.1	8.12	7.69	4.71	170	44.4	15.7	13.8	3.06	5.99
15110	0.0216	0.0163	0.0648	0.0971	8.17	7.73	4.71	173	45.3	15.7	13.2	3.04	5.97
15115	0	0.0124	0	0.0738	8.15	7.76	4.7	174	45.9	15.8	13.2	3.01	5.97
15120	0.0002	0.00462	0.0006	0.0275	8.14	7.77	4.69	174	46.2	15.8	13.2	2.98	5.95
15125	0	0.0115	0.0111	0.0687	8.17	7.85	4.7	173	46.8	15.7	12.8	2.86	5.96
15130	0	0.0114	0	0.068	8.15	7.83	4.7	173	46.9	15.7	12.8	2.85	5.96
15135	0	0.00419	0	0.0249	8.14	7.82	4.68	173	46.9	15.7	12.9	2.86	5.94
15140	0	0.00101	0	0.00595	8.13	7.84	4.67	173	47.3	15.6	13	2.83	5.92
15145	0.03	0.00843	0.09	0.0498	8.21	7.91	4.68	176	47.8	15.5	12.4	2.72	5.9
15150	0	0.00921	0	0.0543	8.19	7.88	4.67	177	47.7	15.5	12.4	2.72	5.9
15155	0	0.00349	0	0.0205	8.18	7.87	4.66	177	47.6	15.5	12.5	2.74	5.89
15160	0	0.000845	0	0.00495	8.18	7.89	4.65	177	47.9	15.5	12.5	2.73	5.87
15165	0.0058	0.00128	0.0174	0.00749	8.21	7.91	4.64	179	48.3	15.4	12.3	2.69	5.85
15170	0	0.000591	0	0.00344	8.21	7.93	4.64	179	48.6	15.3	12.3	2.65	5.83
15175	0	0.0208	0.0444	0.122	8.25	8	4.68	175	48.4	15.3	11.7	2.47	5.86
15180	0.0006	0.0236	0.0018	0.14	8.23	7.96	4.69	177	48.5	15.4	11.6	2.48	5.91
15185	0	0.00963	0	0.0575	8.22	7.93	4.69	177	48.1	15.5	11.7	2.54	5.96
15190	0.0001	0.00251	0.0003	0.015	8.21	7.93	4.68	177	48.1	15.5	11.8	2.57	5.97
15195	0	0.000497	0	0.00296	8.2	7.94	4.67	177	48.4	15.5	11.8	2.56	5.96
15200	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000471	8.19	7.97	4.66	177	48.8	15.4	11.8	2.52	5.94
15205	0	0.0000108	0	0.0000592	8.18	7.99	4.66	176	49.2	15.3	11.8	2.48	5.92
15210	0	0.0000012	0	2.67E-06	8.18	8.01	4.65	174	49.5	15.3	11.9	2.43	5.9
15215	0	1.02E-07	0	-3.43E-06	8.18	8.02	4.64	170	49.8	15.2	12.2	2.39	5.88
15220	0	4E-09	0	-3.57E-06	8.14	8.04	4.63	186	50.1	15.2	10.8	2.35	5.86
15225	0	-7.49E-10	0	-3.16E-06	8.16	8.05	4.63	174	50.3	15.2	11.1	2.32	5.84
15230	0	-7.42E-10	0	-2.76E-06	8.15	8.06	4.62	174	50.6	15.1	11.2	2.28	5.83
15235	0	-7.05E-10	0	-0.0000024	8.15	8.07	4.62	173	50.7	15.1	11.2	2.26	5.82
15240	0	-6.98E-10	0	-2.09E-06	8.14	8.08	4.61	172	50.9	15.1	11.2	2.23	5.81
15245	0.0225	0.00233	0.0675	0.0135	8.28	8.09	4.61	179	50.8	15	11	2.19	5.79
15250	0.0014	0.00485	0.0042	0.028	8.27	8.09	4.61	179	50.9	15	11	2.19	5.78
15255	0.0051	0.00273	0.0153	0.0158	8.29	8.08	4.6	180	50.7	15	10.8	2.2	5.78
15260	0.0085	0.00422	0.0255	0.0244	8.32	8.09	4.61	182	50.7	15	10.7	2.2	5.78
15265	0.0126	0.00552	0.0378	0.032	8.34	8.09	4.61	182	50.6	15	10.4	2.19	5.78
15270	0.0033	0.00698	0.0099	0.0406	8.35	8.09	4.62	184	50.7	15	10.4	2.2	5.81
15275	0.0												

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

15285	0.0018	0.0107	0.0054	0.0648	8.38	8.07	4.69	185	50.4	15.4	9.93	2.21	6
15290	0.02	0.00918	0.06	0.056	8.4	8.08	4.71	184	50.2	15.4	9.76	2.21	6.08
15295	0	0.00817	0	0.0504	8.38	8.07	4.72	185	50.2	15.5	9.82	2.24	6.14
15300	0.0086	0.0041	0.0258	0.0254	8.39	8.07	4.72	183	50.1	15.6	9.73	2.25	6.18
15305	0.0116	0.00748	0.0348	0.0467	8.4	8.08	4.73	183	50.2	15.6	9.62	2.24	6.22
15310	0.0123	0.0103	0.0369	0.0649	8.41	8.08	4.75	184	50.2	15.7	9.51	2.23	6.28
15315	0.03	0.00991	0.09	0.0629	8.42	8.09	4.76	179	49.8	15.7	9.2	2.2	6.33
15320	0.0006	0.0145	0.0018	0.0933	8.41	8.08	4.77	183	50	15.9	9.26	2.21	6.4
15325	0.01	0.0106	0.03	0.0684	8.42	8.07	4.78	183	49.8	16	9.21	2.23	6.46
15330	0.0033	0.0061	0.0099	0.0397	8.41	8.06	4.78	182	49.7	16	9.21	2.26	6.49
15335	0.02	0.00673	0.06	0.0439	8.42	8.08	4.79	179	49.7	16	9.02	2.24	6.52
15340	0.01	0.0104	0.03	0.0681	8.43	8.08	4.8	180	49.7	16.1	8.95	2.22	6.56
15345	0.01	0.0119	0.03	0.0791	8.43	8.08	4.81	181	49.7	16.2	8.91	2.22	6.6
15350	0.01	0.00936	0.03	0.0623	8.43	8.07	4.81	180	49.5	16.2	8.85	2.23	6.64
15355	0.01	0.00944	0.03	0.0631	8.43	8.07	4.82	180	49.5	16.3	8.8	2.23	6.67
15360	0.0272	0.0111	0.0816	0.0744	8.44	8.08	4.83	177	49.3	16.3	8.59	2.2	6.7
15365	0	0.0132	0	0.0893	8.42	8.07	4.83	179	49.4	16.4	8.68	2.21	6.74
15370	0.0212	0.0109	0.0636	0.0739	8.43	8.08	4.84	177	49.1	16.4	8.61	2.2	6.77
15375	0.0213	0.0183	0.0639	0.125	8.43	8.08	4.85	177	49.1	16.5	8.55	2.19	6.81
15380	0	0.0117	0	0.0797	8.42	8.06	4.85	178	49	16.6	8.64	2.22	6.83
15385	0.03	0.0107	0.09	0.0732	8.43	8.08	4.85	175	48.7	16.5	8.49	2.19	6.83
15390	0	0.0129	0	0.0681	8.42	8.07	4.85	176	48.9	16.6	8.57	2.2	6.84
15395	0.0138	0.00847	0.0414	0.0579	8.42	8.07	4.84	175	48.7	16.5	8.51	2.2	6.83
15400	0.0088	0.00741	0.0264	0.0505	8.42	8.06	4.84	173	48.7	16.5	8.45	2.21	6.82
15405	0.0321	0.0165	0.0963	0.112	8.42	8.09	4.85	173	48.5	16.5	8.38	2.16	6.83
15410	0	0.0153	0	0.105	8.41	8.07	4.85	174	48.6	16.6	8.49	2.18	6.84
15415	0	0.00582	0	0.0397	8.4	8.05	4.84	174	48.5	16.5	8.63	2.21	6.82
15420	0.01	0.002	0.03	0.0135	8.4	8.06	4.82	172	48.4	16.4	8.56	2.21	6.78
15425	0.0203	0.0112	0.0609	0.0753	8.41	8.09	4.83	173	48.6	16.3	8.48	2.16	6.75
15430	0.0009	0.00904	0.0027	0.0607	8.4	8.08	4.82	172	48.7	16.3	8.53	2.17	6.72
15435	0.0146	0.00616	0.0438	0.0411	8.41	8.08	4.81	171	48.5	16.3	8.44	2.16	6.69
15440	0	0.00627	0	0.0417	8.39	8.08	4.8	172	48.6	16.2	8.53	2.16	6.65
15445	0.0172	0.00429	0.0516	0.0283	8.4	8.08	4.79	168	48.4	16.1	8.38	2.15	6.62
15450	0.0315	0.0131	0.0945	0.0867	8.41	8.11	4.81	167	48.2	16.1	8.2	2.09	6.61
15455	0.0064	0.018	0.0192	0.12	8.4	8.09	4.82	169	48.3	16.2	8.24	2.09	6.63
15460	0.0016	0.0113	0.0048	0.0753	8.39	8.07	4.81	170	48.3	16.2	8.35	2.13	6.65
15465	0.0181	0.00813	0.0543	0.054	8.4	8.08	4.81	168	48	16.2	8.3	2.13	6.65
15470	0.0146	0.0114	0.0438	0.0755	8.4	8.08	4.81	168	47.9	16.2	8.24	2.12	6.65
15475	0.0242	0.0111	0.0726	0.0737	8.41	8.08	4.81	164	47.6	16.2	8.05	2.11	6.64
15480	0.0275	0.0236	0.0825	0.158	8.41	8.09	4.83	167	47.5	16.2	8.03	2.09	6.66
15485	0	0.0168	0	0.112	8.39	8.06	4.82	168	47.6	16.3	8.16	2.12	6.68
15490	0.0003	0.00586	0.0009	0.0391	8.38	8.04	4.81	167	47.4	16.2	8.3	2.17	6.67
15495	0.0029	0.00198	0.0067	0.0131	8.37	8.04	4.8	167	47.4	16.1	8.38	2.19	6.63
15500	0.02	0.00231	0.06	0.0151	8.38	8.06	4.78	163	47.4	16	8.22	2.16	6.57
15505	0.0191	0.0138	0.0573	0.0903	8.38	8.09	4.79	165	47.5	15.9	8.19	2.11	6.53
15510	0	0.0107	0	0.0698	8.37	8.07	4.78	165	47.6	15.9	8.3	2.12	6.5
15515	0	0.00374	0	0.0241	8.35	8.06	4.76	166	47.5	15.8	8.44	2.14	6.47
15520	0	0.000872	0	0.00558	8.34	8.06	4.75	166	47.6	15.8	8.56	2.14	6.43
15525	0	0.000157	0	0.000989	8.33	8.07	4.74	165	47.8	15.7	8.65	2.13	6.38
15530	0	0.0141	1.38	0.0898	7.41	7.61	4.76	124	41	15.8	13.8	2.58	6.37
15535	0	0.0177	0	0.112	7.39	7.6	4.74	126	40.8	15.8	16.8	2.9	6.33
15540	0	0.0156	0.00708	0.0974	7.49	7.6	4.73	130	41.6	15.7	18.6	2.97	6.27
15545	0	0.0139	0.00177	0.0858	7.53	7.61	4.71	132	41.8	15.6	19.4	3.01	6.2
15550	0	0.00681	0	0.054	7.52	7.61	4.69	133	42.1	15.5	19.8	3.04	6.14
15555	0	0.00292	0	0.0178	7.54	7.61	4.67	135	42.2	15.5	19.7	3.06	6.1
15560	0	0.000865	0	0.00401	7.61	7.61	4.66	138	42.2	15.4	18.8	3.06	6.06
15565	0.0001	0.000117	0.0003	0.000697	7.65	7.61	4.65	140	42.3	15.4	17.9	3.06	6.03
15570	0	0.0000168	0	0.0000946	7.68	7.62	4.64	142	42.3	15.3	17	3.06	6
15575	0	1.98E-06	0	8.61E-06	7.7	7.82	4.64	143	42.3	15.3	16.2	3.06	5.97
15580	0	1.81E-07	0	-3.46E-06	7.71	7.62	4.63	143	42.4	15.2	15.5	3.05	5.95
15585	0.005	0.000586	0.015	0.00346	7.83	7.62	4.62	149	42.4	15.2	15	3.05	5.92
15590	0.0076	0.00134	0.0228	0.0079	7.94	7.62	4.61	155	42.4	15.1	14.4	3.04	5.89
15595	0.0146	0.00659	0.0438	0.0385	8.04	7.64	4.6	160	42.6	15	13.6	3.04	5.86
15600	0.0001	0.00417	0.0003	0.0243	8.04	7.64	4.59	161	42.8	15	13.2	3.05	5.84
15605	0.0054	0.00204	0.0162	0.0119	8.09	7.64	4.58	162	42.8	15	12.7	3.05	5.83
15610	0.013	0.00273	0.039	0.0159	8.15	7.71	4.58	164	43.7	14.9	12.1	2.96	5.82
15615	0.0415	0.0158	0.125	0.0919	8.23	7.85	4.6	167	45.6	14.9	11.3	2.75	5.82
15620	0.0628	0.0334	0.188	0.196	8.28	7.92	4.65	166	46.1	15	10.5	2.58	5.86
15625	0	0.0342	0	0.204	8.27	7.88	4.67	172	46.3	15.2	10.5	2.61	5.94
15630	0	0.015	0	0.0909	8.26	7.86	4.68	172	46.3	15.4	10.6	2.67	6.03
15635	0.0764	0.0108	0.229	0.0659	8.34	7.95	4.7	159	46.1	15.4	9.49	2.53	6.1
15640	0.0438	0.0463	0.131	0.29	8.35	7.98	4.76	170	46.3	15.5	9.32	2.41	6.22
15645	0.0188	0.0453	0.0564	0.29	8.36	7.95	4.79	173	46.5	15.8	9.27	2.44	6.36
15650	0	0.0214	0	0.14	8.34	7.91	4.79	174	46.4	16.1	9.38	2.51	6.48
15655	0.0003	0.00638	0.0009	0.0419	8.33	7.9	4.78	174	46.4	16.1	9.5	2.56	6.54
15660	0.0145	0.0058	0.0435	0.0381	8.35	7.94	4.78	173	48.8	16.1	9.36	2.53	6.56
15665	0.0062	0.00521	0.0186	0.0341	8.36	7.95	4.77	172	47	18.1	9.23	2.5	6.56
15670	0.0014	0.00388	0.0042	0.0254	8.35	7.95	4.77	172	47.2	16	9.24	2.48	6.54
15675	0.0006	0.00198	0.0018	0.0129	8.34	7.96	4.76	173	47.4	16	9.28	2.46	6.52
15680	0.0027	0.000934	0.0081	0.00605	8.35	7.98	4.75	172	47.7	15.9	9.26	2.43	6.49
15685	0.0001	0.000528	0.0003	0.0034	8.34	8	4.75	173	48	15.9	9.3	2.39	6.46
15690	0.0006	0.000228	0.0024	0.00146	8.34	8.01	4.74	173	48.3	15.8	9.33	2.36	6.43
15695	0.0024	0.000213	0.0072	0.00136	8.34	8.03	4.73	172	48.6	15.8	9.29	2.32	6.4
15700	0.0152	0.00227	0.0456	0.0144	8.37	8.05	4.73	171	48.7	15.7	9.05	2.26	6.37
15705	0.0311	0.0175	0.0933	0.112	8.39	8.08	4.76	172	48.6	15.8	8.83	2.18	6.4
15710	0.0053	0.0159	0.0159	0.103	8.39	8.05	4.77	173	48.4	15.9	8.74	2.2	6.46
15715	0.0059	0.00903	0.0177	0.0589	8.4	8.03	4.77	173	48.2	16	8.66	2.23	6.51
15720	0	0.00394	0	0.0258	8.39	8.02	4.77	173	48.1	16	8.68	2.26	6.54
15725	0	0.00111	0	0.00725	8.38	8.03	4.77	173	48.2	16	8.76	2.27	6.55
15730	0.0309	0.00237	0.0927	0.0155	8.41	8.07	4.77	167	48.2	16	8.38	2.21	6.54
15735	0.0079	0.0156	0.0237	0.103	8.41	8.09	4.79	172	48.6	16.1	8.35	2.16	6.58

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

15750	0.0176	0.014	0.0528	0.0949	8.42	8.08	4.83	171	48.2	16.4	8.11	2.14	6.76
15755	0.0304	0.0153	0.0912	0.104	8.43	8.08	4.84	167	47.8	16.5	7.89	2.11	6.81
15760	0.0082	0.018	0.0246	0.124	8.42	8.07	4.85	169	47.9	16.6	7.89	2.13	6.86
15765	0	0.0116	0	0.0803	8.41	8.05	4.85	170	47.9	16.6	8.03	2.16	6.89
15770	0	0.00434	0	0.0298	8.4	8.04	4.84	170	47.8	16.6	8.17	2.2	6.88
15775	0	0.00108	0	0.00741	8.39	8.04	4.83	170	47.9	16.5	8.29	2.21	6.85
15780	0	0.000207	0	0.0014	8.38	8.06	4.82	170	48.1	16.4	8.39	2.2	6.81
15785	0.0063	0.000619	0.0189	0.00416	8.39	8.08	4.8	169	48.4	16.3	8.34	2.16	6.75
15790	0.0004	0.000922	0.0012	0.00615	8.38	8.09	4.79	169	48.7	16.2	8.35	2.13	6.7
15795	0	0.000321	0	0.00212	8.37	8.1	4.78	169	48.9	16.1	8.4	2.1	6.65
15800	0	0.0000684	0	0.000442	8.37	8.12	4.77	169	49.2	16	8.46	2.07	6.6
15805	0.001	0.000771	0.00477	0.00502	8.37	8.13	4.76	164	49.2	15.9	8.26	2.03	6.55
15810	0.0204	0.0196	10.2	0.125	7.56	7.63	4.75	135	42.6	16	13.3	2.6	6.43
15815	0	0.0231	0.00177	0.146	7.78	7.63	4.74	149	42.3	15.9	15.2	3	6.33
15820	0	0.0134	0	0.0832	7.79	7.64	4.71	150	44.3	15.9	15.7	2.9	6.25
15825	0	0.0119	0.0111	0.0731	7.98	7.66	4.7	161	43.5	15.7	15	2.99	6.17
15830	0.0129	0.0164	0.0387	0.0997	8.06	7.68	4.69	167	44.1	15.7	14.3	3.04	6.11
15835	0.0181	0.0168	0.0543	0.102	8.13	7.69	4.68	171	44.4	15.6	13.7	3.07	6.08
15840	0.0216	0.0163	0.0648	0.0986	8.18	7.72	4.68	173	44.8	15.6	13.1	3.06	6.06
15845	0	0.0124	0	0.075	8.16	7.76	4.67	174	45.8	15.7	13.1	3.02	6.06
15850	0.0002	0.00462	0.0006	0.028	8.15	7.77	4.66	175	46.2	15.7	13.2	2.99	6.05
15855	0	0.0115	0.0111	0.0697	8.18	7.85	4.67	173	46.8	15.6	12.7	2.87	6.05
15860	0	0.0114	0	0.0691	8.16	7.83	4.67	174	46.9	15.6	12.8	2.86	6.05
15865	0	0.00419	0	0.0253	8.15	7.82	4.66	174	47	15.6	12.9	2.87	6.04
15870	0	0.00101	0	0.00605	8.14	7.84	4.64	174	47.3	15.5	12.9	2.84	6.02
15875	0.03	0.00843	0.09	0.0506	8.22	7.91	4.65	177	47.8	15.4	12.4	2.73	6
15880	0	0.00921	0	0.0552	8.2	7.88	4.64	177	47.7	15.4	12.4	2.73	6
15885	0	0.00349	0	0.0209	8.19	7.87	4.63	178	47.6	15.4	12.4	2.75	5.99
15890	0	0.000845	0	0.00504	8.19	7.88	4.62	178	47.9	15.4	12.5	2.74	5.97
15895	0.0058	0.00128	0.0174	0.00762	8.22	7.91	4.62	179	48.3	15.3	12.3	2.7	5.95
15900	0	0.000591	0	0.0035	8.21	7.92	4.61	180	48.6	15.2	12.2	2.66	5.93
15905	0	0.0208	0.0444	0.124	8.26	8	4.65	176	48.4	15.2	11.6	2.49	5.95
15910	0.0006	0.0236	0.0018	0.142	8.24	7.96	4.66	178	48.4	15.3	11.6	2.49	6.01
15915	0	0.00963	0	0.0584	8.22	7.93	4.66	178	48.1	15.4	11.7	2.55	6.05
15920	0.0001	0.00251	0.0003	0.0153	8.21	7.93	4.65	178	48.1	15.4	11.7	2.58	6.06
15925	0	0.000497	0	0.00301	8.21	7.94	4.64	177	48.4	15.4	11.7	2.57	6.05
15930	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000479	8.2	7.97	4.63	177	48.8	15.3	11.7	2.53	6.04
15935	0	0.0000108	0	0.0000606	8.19	7.99	4.63	177	49.2	15.2	11.7	2.49	6.01
15940	0	0.0000012	0	0.0000032	8.19	8	4.62	175	49.5	15.2	11.8	2.44	5.99
15945	0	1.02E-07	0	-3.04E-06	8.19	8.02	4.61	171	49.8	15.1	12.1	2.4	5.98
15950	0	4E-09	0	-3.22E-06	8.15	8.04	4.61	185	50.1	15.1	10.9	2.36	5.96
15955	0	-7.49E-10	0	-2.84E-06	8.17	8.05	4.6	175	50.3	15.1	11.1	2.33	5.94
15960	0	-7.42E-10	0	-2.47E-06	8.16	8.06	4.59	174	50.5	15	11.2	2.29	5.93
15965	0	-7.05E-10	0	-2.13E-06	8.16	8.07	4.59	174	50.7	15	11.2	2.27	5.92
15970	0	-6.98E-10	0	-1.84E-06	8.15	8.08	4.58	173	50.9	15	11.1	2.24	5.91
15975	0.0225	0.00233	0.0675	0.0137	8.29	8.09	4.58	180	50.8	14.9	11	2.2	5.89
15980	0.0014	0.00485	0.0042	0.0285	8.28	8.08	4.58	180	50.8	14.9	10.9	2.21	5.89
15985	0.0051	0.00273	0.0153	0.0161	8.3	8.08	4.57	181	50.6	14.9	10.8	2.22	5.88
15990	0.0085	0.00422	0.0255	0.0248	8.32	8.08	4.58	183	50.6	14.9	10.7	2.22	5.88
15995	0.0126	0.00552	0.0378	0.0325	8.35	8.08	4.58	183	50.5	14.9	10.4	2.21	5.89
16000	0.0033	0.00698	0.0099	0.0412	8.35	8.08	4.59	185	50.6	14.9	10.3	2.22	5.9
16005	0.0251	0.00988	0.0753	0.0588	8.38	8.09	4.62	184	50.4	15	10.1	2.2	5.94
16010	0.0162	0.0157	0.0486	0.0948	8.39	8.09	4.65	185	50.4	15.1	9.89	2.2	6
16015	0.0018	0.0107	0.0054	0.0655	8.39	8.07	4.66	186	50.3	15.3	9.89	2.23	6.08
16020	0.02	0.00918	0.06	0.0566	8.4	8.08	4.68	185	50.1	15.3	9.72	2.23	6.15
16025	0	0.00817	0	0.0509	8.39	8.06	4.69	185	50.2	15.4	9.78	2.26	6.21
16030	0.0086	0.0041	0.0258	0.0257	8.4	8.06	4.69	184	50	15.5	9.69	2.27	6.24
16035	0.0116	0.00748	0.0348	0.0471	8.41	8.07	4.7	184	50.2	15.5	9.58	2.26	6.28
16040	0.0123	0.0103	0.0369	0.0655	8.41	8.08	4.72	184	50.2	15.6	9.47	2.25	6.33
16045	0.03	0.00991	0.09	0.0633	8.43	8.08	4.73	180	49.7	15.6	9.16	2.22	6.38
16050	0.0006	0.0145	0.0018	0.094	8.42	8.08	4.74	183	49.9	15.8	9.22	2.23	6.44
16055	0.01	0.0106	0.03	0.0688	8.42	8.07	4.75	183	49.8	15.9	9.18	2.25	6.5
16060	0.0033	0.0061	0.0099	0.0399	8.42	8.06	4.75	182	49.7	15.9	9.17	2.27	6.54
16065	0.02	0.00673	0.06	0.0442	8.43	8.07	4.76	180	49.6	15.9	8.98	2.25	6.56
16070	0.01	0.0104	0.03	0.0684	8.43	8.08	4.77	181	49.6	16	8.91	2.24	6.59
16075	0.01	0.0119	0.03	0.0795	8.43	8.07	4.78	181	49.6	16.1	8.87	2.23	6.64
16080	0.01	0.00936	0.03	0.0626	8.44	8.07	4.78	181	49.5	16.1	8.81	2.24	6.68
16085	0.01	0.00944	0.03	0.0634	8.44	8.07	4.79	181	49.5	16.2	8.76	2.25	6.71
16090	0.0272	0.0111	0.0816	0.0748	8.45	8.08	4.8	177	49.2	16.2	8.55	2.22	6.74
16095	0	0.0132	0	0.0897	8.43	8.07	4.8	179	49.4	16.3	8.64	2.23	6.77
16100	0.0212	0.0109	0.0636	0.0742	8.44	8.07	4.81	178	49.1	16.3	8.56	2.22	6.8
16105	0.0213	0.0183	0.0639	0.125	8.44	8.08	4.82	178	49.1	16.4	8.5	2.2	6.83
16110	0	0.0117	0	0.08	8.43	8.06	4.82	178	49	16.5	8.6	2.23	6.86
16115	0.03	0.0107	0.09	0.0735	8.44	8.08	4.82	175	48.7	16.4	8.45	2.2	6.86
16120	0	0.0129	0	0.0884	8.43	8.07	4.82	177	48.9	16.5	8.53	2.21	6.86
16125	0.0138	0.00847	0.0414	0.0581	8.43	8.06	4.81	175	48.7	16.4	8.47	2.22	6.86
16130	0.0088	0.00741	0.0264	0.0507	8.43	8.06	4.81	174	48.6	16.4	8.41	2.22	6.85
16135	0.0321	0.0165	0.0963	0.113	8.43	8.09	4.82	174	48.4	16.4	8.33	2.17	6.86
16140	0	0.0153	0	0.105	8.42	8.07	4.82	175	48.6	16.5	8.45	2.19	6.86
16145	0	0.00582	0	0.0399	8.4	8.05	4.81	175	48.4	16.4	8.59	2.22	6.85
16150	0.01	0.002	0.03	0.0136	8.41	8.06	4.8	173	48.4	16.3	8.52	2.22	6.82
16155	0.0203	0.0112	0.0609	0.0757	8.42	8.09	4.8	173	48.6	16.3	8.44	2.17	6.79
16160	0.0009	0.00904	0.0027	0.061	8.41	8.07	4.79	173	48.6	16.2	8.48	2.18	6.76
16165	0.0146	0.00616	0.0438	0.0414	8.42	8.08	4.78	171	48.5	16.2	8.39	2.17	6.73
16170	0	0.00627	0	0.0419	8.4	8.07	4.78	172	48.6	16.1	8.48	2.17	6.7
16175	0.0172	0.00429	0.0516	0.0285	8.41	8.08	4.77	169	48.4	16	8.33	2.16	6.66
16180	0.0315	0.0131	0.0945	0.0872	8.42	8.1	4.78	167	48.2	16	8.16	2.1	6.65
16185	0.0064	0.018	0.0192	0.12	8.41	8.09	4.79	170	48.3	16.1	8.19	2.1	6.67
16190	0.0016	0.0113	0.0048	0.0758	8.4	8.07	4.79	170	48.2	16.1	8.31	2.14	6.69
16195	0.0181	0.00813	0.0543	0.0543	8.41	8.07	4.78	169	48	16.1	8.25	2.14	6.69
16200	0.0146	0.0114	0.0438	0.0759	8.41	8.08	4.78	169	47.9	16.1	8.2	2.13	6.68
16205	0.0242	0.0111	0.0726	0.									

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

16215	0	0.0168	0	0.113	8.4	8.06	4.8	168	47.5	16.2	8.12	2.14	6.71
16220	0.0003	0.00586	0.0009	0.0393	8.38	8.04	4.78	168	47.4	16.1	8.26	2.18	6.71
16225	0.0029	0.00198	0.0087	0.0132	8.38	8.04	4.77	167	47.4	16	8.34	2.2	6.67
16230	0.02	0.00231	0.06	0.0153	8.39	8.06	4.76	164	47.3	15.9	8.18	2.17	6.61
16235	0.0191	0.0138	0.0573	0.0909	8.39	8.08	4.76	165	47.5	15.8	8.15	2.12	6.58
16240	0	0.0107	0	0.0703	8.37	8.07	4.75	166	47.5	15.8	8.26	2.13	6.55
16245	0	0.00374	0	0.0243	8.36	8.05	4.74	166	47.4	15.8	8.4	2.15	6.52
16250	0	0.000872	0	0.00563	8.35	8.06	4.73	166	47.5	15.7	8.52	2.15	6.48
16255	0	0.000157	0	0.000998	8.34	8.07	4.72	166	47.8	15.6	8.61	2.14	6.43
16260	0	0.0141	1.38	0.0906	7.4	7.61	4.73	124	41	15.7	13.8	2.58	6.42
16265	0	0.0177	0	0.113	7.38	7.61	4.72	126	40.8	15.7	16.8	2.91	6.39
16270	0	0.0156	0.00708	0.0984	7.48	7.6	4.7	130	41.6	15.6	18.7	2.98	6.33
16275	0	0.0139	0.00177	0.0868	7.52	7.61	4.88	132	41.8	15.5	19.5	3.02	6.27
16280	0	0.00881	0	0.0546	7.52	7.61	4.86	133	42.2	15.5	20	3.05	6.22
16285	0	0.00292	0	0.018	7.58	7.61	4.65	137	42.2	15.4	19.5	3.06	6.17
16290	0	0.000665	0	0.00407	7.64	7.61	4.64	140	42.3	15.4	18.5	3.07	6.14
16295	0.0001	0.000117	0.0003	0.000708	7.68	7.62	4.63	142	42.3	15.3	17.5	3.07	6.11
16300	0	0.0000168	0	0.0000965	7.7	7.62	4.62	143	42.3	15.2	16.7	3.06	6.08
16305	0	1.98E-06	0	7.21E-06	7.72	7.62	4.61	144	42.4	15.2	15.9	3.06	6.06
16310	0	1.81E-07	0	-3.07E-06	7.73	7.62	4.6	144	42.4	15.1	15.3	3.06	6.03
16315	0.005	0.000586	0.015	0.00351	7.84	7.62	4.59	150	42.4	15.1	14.9	3.05	6.01
16320	0.0076	0.00134	0.0228	0.00802	7.95	7.63	4.58	155	42.5	15	14.3	3.05	5.99
16325	0.0146	0.00659	0.0438	0.0392	8.04	7.64	4.57	160	42.6	14.9	13.5	3.05	5.96
16330	0.0001	0.00417	0.0003	0.0247	8.05	7.64	4.56	161	42.8	14.9	13.1	3.05	5.94
16335	0.0054	0.00204	0.0162	0.0121	8.09	7.65	4.56	163	42.8	14.9	12.7	3.05	5.93
16340	0.013	0.00273	0.039	0.0161	8.16	7.69	4.55	165	43.4	14.8	12.1	2.99	5.92
16345	0.0415	0.0158	0.125	0.0934	8.23	7.85	4.57	167	45.5	14.8	11.3	2.78	5.91
16350	0.0628	0.0334	0.188	0.199	8.28	7.92	4.62	166	46	14.9	10.5	2.6	5.94
16355	0	0.0342	0	0.207	8.27	7.88	4.65	172	46.2	15.1	10.5	2.63	6.02
16360	0	0.015	0	0.0919	8.26	7.85	4.65	173	46.2	15.3	10.6	2.69	6.1
16365	0.0764	0.0108	0.229	0.0665	8.34	7.94	4.67	160	46	15.3	9.49	2.55	6.16
16370	0.0438	0.0463	0.131	0.292	8.35	7.98	4.73	170	46.3	15.4	9.32	2.43	6.27
16375	0.0188	0.0453	0.0564	0.292	8.36	7.94	4.76	174	46.4	15.7	9.28	2.45	6.4
16380	0	0.0214	0	0.14	8.35	7.91	4.76	174	46.4	16	9.39	2.53	6.52
16385	0.0003	0.00638	0.0009	0.0421	8.34	7.9	4.76	174	46.3	16.1	9.5	2.58	6.58
16390	0.0145	0.0058	0.0435	0.0383	8.36	7.94	4.75	173	46.8	16	9.37	2.54	6.6
16395	0.0062	0.00521	0.0186	0.0343	8.36	7.95	4.75	172	46.9	16	9.24	2.51	6.6
16400	0.0014	0.00388	0.0042	0.0255	8.36	7.95	4.74	173	47.1	15.9	9.24	2.49	6.58
16405	0.0006	0.00198	0.0018	0.013	8.35	7.96	4.73	173	47.4	15.9	9.29	2.48	6.56
16410	0.0027	0.000934	0.0081	0.00609	8.35	7.98	4.73	173	47.6	15.8	9.26	2.44	6.53
16415	0.0001	0.000528	0.0003	0.00342	8.35	7.99	4.72	173	47.9	15.8	9.31	2.41	6.51
16420	0.0006	0.000228	0.0024	0.00147	8.34	8.01	4.71	173	48.3	15.7	9.33	2.37	6.48
16425	0.0024	0.000213	0.0072	0.00137	8.35	8.03	4.71	173	48.5	15.7	9.29	2.33	6.45
16430	0.0152	0.00227	0.0456	0.0145	8.37	8.05	4.7	171	48.6	15.6	9.05	2.27	6.42
16435	0.0311	0.0175	0.0933	0.113	8.39	8.08	4.73	173	48.6	15.7	8.83	2.2	6.44
16440	0.0053	0.0159	0.0159	0.104	8.4	8.05	4.74	174	48.4	15.8	8.74	2.21	6.5
16445	0.0059	0.00903	0.0177	0.0593	8.4	8.03	4.75	174	48.1	15.9	8.66	2.25	6.55
16450	0	0.00394	0	0.0259	8.39	8.02	4.75	174	48	16	8.68	2.28	6.58
16455	0	0.00111	0	0.00729	8.38	8.02	4.74	174	48.1	15.9	8.76	2.29	6.58
16460	0.0309	0.00237	0.0927	0.0155	8.41	8.06	4.74	167	48.1	15.9	8.38	2.23	6.57
16465	0.0079	0.0156	0.0237	0.104	8.41	8.08	4.77	173	48.5	16	8.35	2.18	6.62
16470	0.0044	0.0111	0.0132	0.074	8.41	8.06	4.78	172	48.4	16.1	8.33	2.19	6.67
16475	0.0203	0.0112	0.0609	0.0753	8.42	8.07	4.79	172	48.2	16.2	8.22	2.17	6.72
16480	0.0176	0.014	0.0528	0.0952	8.43	8.07	4.81	171	48.1	16.3	8.11	2.16	6.78
16485	0.0304	0.0153	0.0912	0.105	8.44	8.08	4.82	188	47.7	16.4	7.9	2.14	6.83
16490	0.0082	0.018	0.0246	0.124	8.43	8.06	4.83	169	47.8	16.5	7.89	2.15	6.87
16495	0	0.0116	0	0.0804	8.41	8.05	4.82	171	47.8	16.5	8.03	2.19	6.9
16500	0	0.00434	0	0.0299	8.4	8.03	4.81	171	47.7	16.5	8.17	2.22	6.9
16505	0	0.00108	0	0.00743	8.39	8.04	4.8	171	47.8	16.4	8.29	2.23	6.87
16510	0	0.000207	0	0.0014	8.38	8.05	4.79	171	48	16.3	8.4	2.21	6.83
16515	0.0063	0.000619	0.0189	0.00418	8.39	8.07	4.78	170	48.3	16.2	8.34	2.18	6.78
16520	0.0004	0.000922	0.0012	0.00618	8.39	8.09	4.77	169	48.6	16.1	8.36	2.15	6.73
16525	0	0.000321	0	0.00213	8.38	8.1	4.76	170	48.9	16	8.41	2.12	6.68
16530	0	0.0000684	0	0.000445	8.37	8.11	4.75	170	49.1	16	8.47	2.09	6.64
16535	0.001	0.000771	0.00477	0.00506	8.37	8.13	4.74	165	49.1	15.8	8.27	2.05	6.59
16540	0.0204	0.0196	10.2	0.126	7.75	7.63	4.73	141	42.6	15.9	11.8	2.61	6.47
16545	0	0.0231	0.00177	0.147	7.67	7.63	4.71	142	42.3	15.8	15.2	3	6.38
16550	0	0.0134	0	0.0841	7.67	7.63	4.69	138	41.3	15.8	17.7	3.32	6.31
16555	0	0.0119	0.0111	0.0739	7.98	7.62	4.67	167	46.1	15.7	15.2	2.8	6.24
16560	0.0129	0.0164	0.0387	0.101	8.07	7.68	4.66	167	44	15.6	14.3	2.95	6.18
16565	0.0181	0.0168	0.0543	0.103	8.14	7.69	4.66	172	44.3	15.6	13.6	3.03	6.15
16570	0.0216	0.0163	0.0648	0.0998	8.18	7.74	4.66	174	45.3	15.6	13	3.04	6.14
16575	0	0.0124	0	0.0759	8.16	7.76	4.65	175	45.9	15.6	13.1	3.02	6.13
16580	0.0002	0.00462	0.0006	0.0283	8.15	7.77	4.64	175	46.2	15.6	13.2	2.99	6.12
16585	0	0.0115	0.0111	0.0705	8.19	7.85	4.65	174	46.8	15.5	12.7	2.88	6.12
16590	0	0.0114	0	0.0699	8.16	7.83	4.64	174	46.9	15.5	12.8	2.87	6.12
16595	0	0.00419	0	0.0256	8.15	7.83	4.63	174	47	15.5	12.8	2.87	6.11
16600	0	0.00101	0	0.00613	8.14	7.84	4.62	175	47.3	15.4	12.9	2.85	6.09
16605	0.03	0.00843	0.09	0.0512	8.23	7.91	4.62	177	47.8	15.4	12.4	2.74	6.08
16610	0	0.00921	0	0.0559	8.21	7.88	4.62	178	47.7	15.4	12.4	2.74	6.07
16615	0	0.00349	0	0.0211	8.2	7.87	4.61	178	47.6	15.3	12.4	2.76	6.06
16620	0	0.000845	0	0.00511	8.19	7.88	4.6	179	47.9	15.3	12.5	2.75	6.05
16625	0.0058	0.00128	0.0174	0.00772	8.23	7.91	4.59	180	48.3	15.2	12.3	2.71	6.03
16630	0	0.000591	0	0.00355	8.22	7.92	4.58	180	48.6	15.2	12.2	2.67	6.01
16635	0	0.0208	0.0444	0.126	8.26	8	4.62	176	48.3	15.1	11.6	2.5	6.03
16640	0.0006	0.0236	0.0018	0.143	8.24	7.96	4.64	178	48.4	15.3	11.6	2.5	6.07
16645	0	0.00963	0	0.059	8.23	7.93	4.64	178	48.1	15.3	11.7	2.56	6.11
16650	0.0001	0.00251	0.0003	0.0154	8.22	7.93	4.63	178	48.1	15.3	11.7	2.59	6.13
16655	0	0.000497	0	0.00304	8.21	7.94	4.62	178	48.4	15.3	11.8	2.58	6.12
16660	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000485	8.2	7.96	4.61	178	48.8	15.2	11.7	2.54	6.1
16665	0	0.0000108	0	0.0000618	8.2	7.99	4.6	177	49.2	15.2	11.7	2.5	6.08
16670	0	0.0000012											

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

16680	0	4E-09	0	-0.0000029	8.16	8.03	4.58	185	50.1	15	11	2.37	6.03
16685	0	-7.49E-10	0	-2.55E-06	8.17	8.05	4.58	175	50.3	15	11.2	2.34	6.02
16690	0	-7.42E-10	0	-2.03E-06	8.17	8.06	4.57	175	50.5	15	11.2	2.31	6.01
16695	0	-7.05E-10	0	-1.97E-06	8.16	8.07	4.57	174	50.7	14.9	11.2	2.28	6
16700	0	-6.98E-10	0	-1.66E-06	8.16	8.08	4.56	174	50.9	14.9	11.1	2.25	5.99
16705	0.0225	0.00233	0.0675	0.0139	8.29	8.09	4.56	180	50.7	14.8	11	2.22	5.98
16710	0.0014	0.00485	0.0042	0.0289	8.28	8.08	4.55	181	50.7	14.8	10.9	2.22	5.97
16715	0.0051	0.00273	0.0153	0.0163	8.3	8.07	4.55	181	50.5	14.8	10.8	2.24	5.96
16720	0.0085	0.00422	0.0255	0.0252	8.33	8.07	4.55	183	50.5	14.8	10.7	2.24	5.96
16725	0.0126	0.00552	0.0378	0.033	8.36	8.07	4.56	183	50.4	14.8	10.4	2.23	5.97
16730	0.0033	0.00698	0.0099	0.0418	8.36	8.07	4.57	185	50.5	14.8	10.3	2.24	5.98
16735	0.0251	0.00988	0.0753	0.0594	8.39	8.09	4.59	185	50.3	14.9	10.1	2.22	6.01
16740	0.0162	0.0157	0.0486	0.0958	8.4	8.08	4.62	186	50.3	15	9.9	2.22	6.06
16745	0.0018	0.0107	0.0054	0.0661	8.39	8.06	4.64	186	50.2	15.2	9.9	2.25	6.13
16750	0.02	0.00918	0.06	0.0571	8.41	8.07	4.65	185	50	15.2	9.73	2.25	6.19
16755	0	0.00817	0	0.0513	8.39	8.06	4.66	186	50.1	15.3	9.79	2.28	6.25
16760	0.0086	0.0041	0.0258	0.0258	8.4	8.06	4.67	185	49.9	15.4	9.7	2.29	6.29
16765	0.0116	0.00748	0.0348	0.0474	8.41	8.07	4.68	185	50.1	15.4	9.59	2.28	6.32
16770	0.0123	0.0103	0.0369	0.0658	8.42	8.07	4.69	185	50.1	15.5	9.48	2.27	6.37
16775	0.03	0.00991	0.09	0.0637	8.43	8.08	4.7	180	49.6	15.5	9.16	2.24	6.41
16780	0.0006	0.0145	0.0018	0.0944	8.42	8.07	4.72	184	49.9	15.7	9.23	2.24	6.47
16785	0.01	0.0106	0.03	0.0691	8.43	8.06	4.73	184	49.7	15.8	9.18	2.26	6.53
16790	0.0033	0.0061	0.0099	0.0401	8.42	8.05	4.73	183	49.6	15.8	9.18	2.29	6.56
16795	0.02	0.00673	0.06	0.0443	8.44	8.07	4.73	180	49.5	15.8	8.99	2.27	6.58
16800	0.01	0.0104	0.03	0.0687	8.44	8.08	4.74	181	49.6	15.9	8.91	2.25	6.62
16805	0.01	0.0119	0.03	0.0797	8.44	8.07	4.75	182	49.6	16	8.88	2.25	6.66
16810	0.01	0.00936	0.03	0.0628	8.44	8.07	4.76	181	49.5	16	8.81	2.26	6.7
16815	0.01	0.00944	0.03	0.0635	8.44	8.07	4.76	181	49.4	16.1	8.76	2.26	6.72
16820	0.0272	0.0111	0.0816	0.0749	8.45	8.08	4.77	178	49.2	16.1	8.55	2.23	6.75
16825	0	0.0132	0	0.0899	8.44	8.07	4.78	180	49.3	16.2	8.64	2.24	6.79
16830	0.0212	0.0109	0.0636	0.0744	8.44	8.07	4.78	178	49	16.3	8.56	2.23	6.81
16835	0.0213	0.0183	0.0639	0.125	8.45	8.08	4.8	179	49	16.3	8.5	2.21	6.84
16840	0	0.0117	0	0.0801	8.43	8.06	4.79	179	49	16.4	8.6	2.24	6.87
16845	0.03	0.0107	0.09	0.0736	8.44	8.08	4.8	176	48.6	16.4	8.45	2.21	6.87
16850	0	0.0129	0	0.0886	8.43	8.07	4.8	177	48.8	16.4	8.53	2.22	6.88
16855	0.0138	0.00847	0.0414	0.0582	8.44	8.06	4.79	176	48.6	16.4	8.47	2.23	6.87
16860	0.0088	0.00741	0.0264	0.0508	8.43	8.06	4.79	174	48.6	16.3	8.41	2.23	6.86
16865	0.0321	0.0165	0.0963	0.113	8.44	8.09	4.8	174	48.4	16.3	8.33	2.18	6.87
16870	0	0.0153	0	0.105	8.42	8.07	4.8	175	48.6	16.4	8.45	2.2	6.88
16875	0	0.00582	0	0.04	8.41	8.05	4.79	175	48.4	16.4	8.59	2.23	6.87
16880	0.01	0.002	0.03	0.0136	8.42	8.05	4.77	173	48.3	16.3	8.52	2.24	6.83
16885	0.0203	0.0112	0.0609	0.0759	8.43	8.09	4.78	174	48.6	16.2	8.44	2.18	6.8
16890	0.0009	0.00904	0.0027	0.0612	8.41	8.07	4.77	174	48.6	16.2	8.48	2.19	6.78
16895	0.0146	0.00616	0.0438	0.0415	8.42	8.08	4.76	172	48.4	16.1	8.39	2.18	6.75
16900	0	0.00627	0	0.0421	8.41	8.07	4.75	173	48.6	16	8.48	2.18	6.72
16905	0.0172	0.00429	0.0516	0.0286	8.42	8.08	4.74	169	48.4	16	8.33	2.17	6.68
16910	0.0315	0.0131	0.0945	0.0875	8.43	8.1	4.76	168	48.2	16	8.16	2.11	6.67
16915	0.0064	0.018	0.0192	0.121	8.42	8.09	4.77	170	48.3	16	8.19	2.11	6.69
16920	0.0016	0.0113	0.0048	0.076	8.41	8.07	4.76	171	48.2	16.1	8.31	2.15	6.71
16925	0.0181	0.00813	0.0543	0.0545	8.41	8.07	4.76	169	47.9	16	8.25	2.15	6.71
16930	0.0146	0.0114	0.0438	0.0761	8.42	8.08	4.76	169	47.9	16	8.2	2.14	6.7
16935	0.0242	0.0111	0.0726	0.0743	8.42	8.07	4.76	165	47.5	16	8	2.13	6.7
16940	0.0275	0.0236	0.0825	0.159	8.42	8.08	4.78	168	47.4	16	7.99	2.11	6.71
16945	0	0.0168	0	0.113	8.4	8.06	4.78	169	47.5	16.1	8.12	2.15	6.73
16950	0.0003	0.00586	0.0009	0.0394	8.39	8.04	4.76	168	47.3	16.1	8.26	2.19	6.72
16955	0.0029	0.00198	0.0087	0.0132	8.38	8.04	4.75	168	47.4	16	8.34	2.21	6.69
16960	0.02	0.00231	0.06	0.0153	8.4	8.06	4.73	164	47.3	15.8	8.18	2.18	6.64
16965	0.0191	0.0138	0.0573	0.0912	8.4	8.08	4.74	166	47.5	15.8	8.15	2.13	6.6
16970	0	0.0107	0	0.0706	8.38	8.06	4.73	166	47.5	15.7	8.26	2.14	6.57
16975	0	0.00374	0	0.0244	8.37	8.05	4.72	166	47.4	15.7	8.4	2.16	6.54
16980	0	0.000872	0	0.00565	8.35	8.06	4.7	167	47.5	15.6	8.52	2.17	6.51
16985	0	0.000157	0	0.001	8.35	8.07	4.69	166	47.7	15.5	8.61	2.15	6.47
16990	0	0.0141	1.38	0.0911	7.41	7.61	4.71	124	40.9	15.7	13.8	2.63	6.46
16995	0	0.0177	0	0.114	7.39	7.59	4.7	126	40.8	15.6	16.9	2.89	6.43
17000	0	0.0156	0.00708	0.0989	7.48	7.61	4.68	130	41.8	15.5	18.8	2.98	6.37
17005	0	0.0139	0.00177	0.0873	7.52	7.61	4.66	132	42	15.4	19.7	3.02	6.31
17010	0	0.00881	0	0.055	7.52	7.62	4.64	133	42.3	15.4	20.1	3.06	6.26
17015	0	0.00292	0	0.0182	7.6	7.62	4.63	138	42.4	15.3	19.4	3.07	6.22
17020	0	0.000865	0	0.0041	7.66	7.62	4.61	141	42.4	15.3	18.4	3.08	6.19
17025	0.0001	0.000117	0.0003	0.000715	7.69	7.62	4.61	143	42.4	15.2	17.4	3.08	6.16
17030	0	0.0000168	0	0.000098	7.72	7.62	4.6	144	42.5	15.2	16.6	3.07	6.14
17035	0	1.98E-06	0	7.77E-06	7.73	7.62	4.59	144	42.5	15.1	15.8	3.07	6.12
17040	0	1.81E-07	0	-2.67E-06	7.74	7.63	4.58	145	42.5	15.1	15.2	3.07	6.1
17045	0.005	0.000586	0.015	0.00355	7.85	7.63	4.57	151	42.6	15	14.8	3.07	6.08
17050	0.0076	0.00134	0.0228	0.00811	7.95	7.63	4.56	156	42.6	14.9	14.2	3.06	6.05
17055	0.0146	0.00659	0.0438	0.0396	8.05	7.64	4.55	161	42.7	14.9	13.5	3.06	6.02
17060	0.0001	0.00417	0.0003	0.025	8.05	7.64	4.54	162	42.9	14.8	13.1	3.07	6.01
17065	0.0054	0.00204	0.0162	0.0122	8.1	7.65	4.54	163	42.9	14.8	12.7	3.07	6
17070	0.013	0.00273	0.039	0.0163	8.16	7.68	4.53	165	43.2	14.8	12.1	3.03	5.99
17075	0.0415	0.0158	0.125	0.0945	8.23	7.84	4.55	167	45.4	14.7	11.3	2.81	5.98
17080	0.0628	0.0334	0.188	0.201	8.29	7.92	4.6	167	46	14.8	10.6	2.63	6.01
17085	0	0.0342	0	0.208	8.28	7.88	4.63	173	46.2	15	10.5	2.65	6.07
17090	0	0.015	0	0.0926	8.27	7.85	4.63	173	46.2	15.2	10.6	2.71	6.15
17095	0.0764	0.0108	0.229	0.067	8.35	7.94	4.65	160	46	15.3	9.52	2.57	6.21
17100	0.0438	0.0463	0.131	0.293	8.35	7.98	4.71	170	46.3	15.3	9.36	2.45	6.3
17105	0.0188	0.0453	0.0564	0.293	8.36	7.94	4.74	174	46.4	15.7	9.31	2.47	6.43
17110	0	0.0214	0	0.141	8.35	7.91	4.74	174	46.3	15.9	9.42	2.54	6.54
17115	0.0003	0.00638	0.0009	0.0423	8.34	7.9	4.73	174	46.3	16	9.53	2.59	6.6
17120	0.0145	0.0058	0.0435	0.0384	8.36	7.94	4.73	174	46.7	15.9	9.4	2.55	6.62
17125	0.0062	0.00521	0.0186	0.0345	8.37	7.94	4.73	173	46.9	15.9	9.27	2.53	6.62
17130	0.0014	0.00388	0.0042	0.0256	8.36	7.95	4.72	173	47.1	15.9	9.27	2.51	6.61
17135	0.0006												

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

17145	0.0001	0.000528	0.0003	0.00344	8.35	7.99	4.7	173	47.9	15.7	9.33	2.42	6.53
17150	0.0008	0.000228	0.0024	0.00148	8.35	8.01	4.69	173	48.2	15.7	9.36	2.38	6.51
17155	0.0024	0.000213	0.0072	0.00138	8.35	8.03	4.69	173	48.5	15.6	9.31	2.34	6.48
17160	0.0152	0.00227	0.0456	0.0146	8.38	8.05	4.68	172	48.6	15.5	9.08	2.29	6.45
17165	0.0311	0.0175	0.0933	0.114	8.4	8.08	4.71	173	48.5	15.6	8.85	2.21	6.47
17170	0.0053	0.0159	0.0159	0.104	8.4	8.05	4.72	174	48.4	15.8	8.77	2.23	6.52
17175	0.0059	0.00903	0.0177	0.0595	8.4	8.03	4.73	174	48.1	15.9	8.68	2.26	6.57
17180	0	0.00394	0	0.026	8.39	8.02	4.73	174	48	15.9	8.71	2.29	6.6
17185	0	0.00111	0	0.00731	8.39	8.02	4.72	174	48.1	15.9	8.78	2.31	6.6
17190	0.0309	0.00237	0.0927	0.0156	8.41	8.06	4.72	168	48	15.8	8.41	2.24	6.6
17195	0.0079	0.0156	0.0237	0.104	8.42	8.07	4.75	173	48.4	15.9	8.37	2.2	6.63
17200	0.0044	0.0111	0.0132	0.0741	8.42	8.05	4.76	172	48.3	16	8.35	2.21	6.68
17205	0.0203	0.0112	0.0609	0.0754	8.43	8.06	4.77	172	48.1	16.1	8.25	2.19	6.73
17210	0.0176	0.014	0.0528	0.0953	8.43	8.06	4.78	171	48	16.3	8.14	2.18	6.78
17215	0.0304	0.0153	0.0912	0.105	8.44	8.07	4.8	168	47.6	16.3	7.93	2.16	6.83
17220	0.0082	0.018	0.0246	0.124	8.43	8.06	4.81	170	47.7	16.4	7.92	2.17	6.87
17225	0	0.0116	0	0.0804	8.42	8.04	4.8	171	47.7	16.5	8.06	2.21	6.9
17230	0	0.00434	0	0.0299	8.4	8.03	4.79	171	47.6	16.4	8.2	2.24	6.9
17235	0	0.00108	0	0.00744	8.39	8.03	4.78	171	47.7	16.4	8.32	2.25	6.88
17240	0	0.000207	0	0.00141	8.38	8.05	4.77	171	48	16.3	8.43	2.23	6.84
17245	0.0063	0.000619	0.0189	0.00419	8.4	8.07	4.76	170	48.3	16.1	8.37	2.2	6.79
17250	0.0004	0.000922	0.0012	0.0062	8.39	8.06	4.75	170	48.6	16	8.39	2.17	6.74
17255	0	0.000321	0	0.00214	8.38	8.1	4.74	170	48.8	16	8.44	2.14	6.7
17260	0	0.0000684	0	0.000447	8.37	8.11	4.73	170	49.1	15.9	8.5	2.1	6.66
17265	0.001	0.000771	0.00477	0.00508	8.38	8.13	4.72	165	49.1	15.8	8.3	2.06	6.61
17270	0.0204	0.0196	10.2	0.127	7.75	7.63	4.71	141	42.6	15.8	11.9	2.62	6.5
17275	0	0.0231	0.00177	0.148	7.68	7.63	4.69	143	42.3	15.8	15.2	3.02	6.42
17280	0	0.0134	0	0.0846	7.72	7.64	4.67	147	44.2	15.7	16.3	2.93	6.35
17285	0	0.0119	0.0111	0.0744	7.95	7.68	4.65	159	43.5	15.6	15.6	3.01	6.28
17290	0.0129	0.0164	0.0387	0.102	8.05	7.68	4.64	166	44.1	15.5	14.8	3.06	6.23
17295	0.0181	0.0168	0.0543	0.104	8.13	7.69	4.64	171	44.4	15.5	13.9	3.09	6.2
17300	0.0216	0.0163	0.0648	0.101	8.18	7.71	4.64	174	44.7	15.5	13.3	3.1	6.18
17305	0	0.0124	0	0.0765	8.16	7.76	4.63	175	45.8	15.5	13.2	3.06	6.18
17310	0.0002	0.00462	0.0006	0.0285	8.15	7.77	4.62	175	46.1	15.5	13.3	3.02	6.17
17315	0	0.0115	0.0111	0.0711	8.19	7.84	4.63	174	46.8	15.5	12.8	2.89	6.17
17320	0	0.0114	0	0.0705	8.16	7.83	4.62	174	46.9	15.5	12.8	2.88	6.17
17325	0	0.00419	0	0.0258	8.15	7.83	4.61	175	46.9	15.4	12.9	2.88	6.16
17330	0	0.00101	0	0.00618	8.14	7.84	4.6	175	47.3	15.4	13	2.86	6.15
17335	0.03	0.00843	0.09	0.0516	8.23	7.91	4.6	178	47.8	15.3	12.4	2.75	6.13
17340	0	0.00921	0	0.0564	8.21	7.88	4.6	178	47.7	15.3	12.4	2.75	6.12
17345	0	0.00349	0	0.0213	8.2	7.87	4.59	179	47.6	15.3	12.5	2.77	6.12
17350	0	0.000845	0	0.00515	8.2	7.89	4.58	179	47.9	15.2	12.5	2.76	6.11
17355	0.0058	0.00128	0.0174	0.0078	8.23	7.91	4.57	180	48.2	15.2	12.3	2.72	6.09
17360	0	0.000591	0	0.00358	8.22	7.92	4.56	181	48.5	15.1	12.3	2.69	6.07
17365	0	0.0208	0.0444	0.127	8.27	8	4.6	177	48.3	15.1	11.7	2.51	6.08
17370	0.0006	0.0236	0.0018	0.144	8.25	7.96	4.62	179	48.4	15.2	11.6	2.52	6.12
17375	0	0.00963	0	0.0594	8.23	7.93	4.62	179	48.1	15.3	11.7	2.57	6.16
17380	0.0001	0.00251	0.0003	0.0155	8.22	7.93	4.61	179	48.1	15.3	11.8	2.6	6.17
17385	0	0.000497	0	0.00307	8.21	7.94	4.6	178	48.4	15.2	11.8	2.59	6.17
17390	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000489	8.21	7.96	4.59	178	48.8	15.2	11.8	2.56	6.15
17395	0	0.0000108	0	0.0000626	8.2	7.98	4.58	178	49.1	15.1	11.7	2.51	6.13
17400	0	0.0000012	0	4.02E-06	8.2	8	4.58	176	49.5	15.1	11.8	2.46	6.12
17405	0	1.02E-07	0	-0.0000024	8.2	8.02	4.57	172	49.8	15	12.1	2.42	6.1
17410	0	4E-09	0	-2.65E-06	8.16	8.03	4.56	184	50	15	11	2.38	6.09
17415	0	-7.49E-10	0	-2.32E-06	8.18	8.05	4.56	176	50.3	14.9	11.2	2.35	6.08
17420	0	-7.42E-10	0	-1.99E-06	8.17	8.06	4.55	175	50.5	14.9	11.3	2.32	6.07
17425	0	-7.05E-10	0	-1.69E-06	8.17	8.07	4.55	175	50.7	14.9	11.2	2.29	6.06
17430	0	-6.98E-10	0	-1.43E-06	8.16	8.08	4.54	174	50.8	14.8	11.2	2.26	6.05
17435	0.0225	0.00233	0.0675	0.014	8.29	8.09	4.54	181	50.7	14.8	11	2.23	6.03
17440	0.0014	0.00485	0.0042	0.0292	8.29	8.08	4.53	181	50.7	14.7	10.9	2.23	6.03
17445	0.0051	0.00273	0.0153	0.0164	8.31	8.07	4.53	182	50.5	14.7	10.8	2.25	6.02
17450	0.0085	0.00422	0.0255	0.0254	8.33	8.07	4.53	184	50.4	14.7	10.7	2.25	6.02
17455	0.0126	0.00552	0.0378	0.0333	8.36	8.07	4.54	184	50.3	14.7	10.4	2.25	6.03
17460	0.0033	0.00698	0.0099	0.0421	8.36	8.07	4.55	186	50.4	14.8	10.4	2.26	6.04
17465	0.0251	0.00988	0.0753	0.0599	8.39	8.08	4.57	185	50.2	14.8	10.1	2.24	6.06
17470	0.0162	0.0157	0.0486	0.0964	8.4	8.08	4.6	186	50.2	14.9	9.93	2.24	6.11
17475	0.0018	0.0107	0.0054	0.0665	8.39	8.06	4.62	187	50.1	15.1	9.93	2.27	6.17
17480	0.02	0.00918	0.06	0.0574	8.41	8.07	4.63	185	49.9	15.2	9.75	2.27	6.23
17485	0	0.00817	0	0.0515	8.4	8.06	4.64	186	50	15.3	9.82	2.3	6.28
17490	0.0086	0.0041	0.0258	0.0259	8.41	8.05	4.65	185	49.8	15.3	9.73	2.31	6.31
17495	0.0116	0.00748	0.0348	0.0476	8.41	8.07	4.66	185	50	15.3	9.62	2.29	6.35
17500	0.0123	0.0103	0.0369	0.0661	8.42	8.07	4.67	185	50	15.4	9.51	2.28	6.39
17505	0.03	0.00991	0.09	0.0638	8.44	8.08	4.68	180	49.6	15.5	9.19	2.25	6.43
17510	0.0006	0.0145	0.0018	0.0946	8.42	8.07	4.7	184	49.8	15.6	9.25	2.26	6.49
17515	0.01	0.0106	0.03	0.0692	8.43	8.06	4.71	184	49.7	15.7	9.2	2.28	6.54
17520	0.0033	0.0061	0.0099	0.0402	8.43	8.05	4.71	183	49.6	15.7	9.2	2.3	6.57
17525	0.02	0.00673	0.06	0.0444	8.44	8.07	4.71	181	49.5	15.7	9.01	2.28	6.59
17530	0.01	0.0104	0.03	0.0688	8.44	8.07	4.72	182	49.5	15.8	8.93	2.26	6.62
17535	0.01	0.0119	0.03	0.0798	8.44	8.07	4.73	182	49.5	15.9	8.9	2.26	6.67
17540	0.01	0.00936	0.03	0.0628	8.45	8.06	4.74	182	49.4	16	8.83	2.27	6.7
17545	0.01	0.00944	0.03	0.0636	8.45	8.06	4.74	182	49.4	16	8.78	2.27	6.73
17550	0.0272	0.0111	0.0816	0.0749	8.46	8.08	4.75	178	49.1	16.1	8.56	2.24	6.75
17555	0	0.0132	0	0.0899	8.44	8.07	4.76	180	49.3	16.1	8.66	2.25	6.79
17560	0.0212	0.0109	0.0636	0.0743	8.45	8.07	4.77	179	49	16.2	8.58	2.24	6.81
17565	0.0213	0.0183	0.0639	0.125	8.45	8.08	4.78	179	49	16.3	8.52	2.22	6.84
17570	0	0.0117	0	0.0801	8.44	8.05	4.77	179	48.9	16.3	8.61	2.25	6.86
17575	0.03	0.0107	0.09	0.0736	8.45	8.07	4.78	176	48.6	16.3	8.47	2.22	6.87
17580	0	0.0129	0	0.0886	8.44	8.06	4.78	178	48.8	16.3	8.54	2.23	6.87
17585	0.0138	0.00847	0.0414	0.0582	8.44	8.06	4.77	176	48.6	16.3	8.48	2.24	6.87
17590	0.0088	0.00741	0.0264	0.0508	8.44	8.06	4.77	175	48.6	16.3	8.42	2.24	6.86
17595	0.0321	0.0165	0.0963	0.113	8.44	8.08	4.78	175	48.4	16.3	8.35	2.19	6.87
17600	0												

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

17610	0.01	0.002	0.03	0.0136	8.42	8.05	4.76	173	48.3	16.2	8.53	2.25	6.84
17615	0.0203	0.0112	0.0609	0.0759	8.43	8.09	4.76	174	48.5	16.1	8.45	2.19	6.81
17620	0.0009	0.00904	0.0027	0.0612	8.42	8.07	4.75	174	48.6	16.1	8.5	2.2	6.78
17625	0.0146	0.00616	0.0438	0.0416	8.43	8.07	4.74	172	48.4	16	8.41	2.19	6.75
17630	0	0.00627	0	0.0421	8.41	8.07	4.73	173	48.5	16	8.5	2.19	6.73
17635	0.0172	0.00429	0.0516	0.0287	8.42	8.08	4.73	170	48.4	15.9	8.35	2.18	6.69
17640	0.0315	0.0131	0.0945	0.0876	8.43	8.1	4.74	168	48.1	15.9	8.17	2.12	6.68
17645	0.0064	0.018	0.0192	0.121	8.42	8.09	4.75	170	48.3	16	8.21	2.12	6.7
17650	0.0016	0.0113	0.0048	0.0761	8.41	8.07	4.74	171	48.2	16	8.32	2.16	6.71
17655	0.0181	0.00813	0.0543	0.0545	8.42	8.07	4.74	170	47.9	16	8.27	2.16	6.71
17660	0.0146	0.0114	0.0438	0.0762	8.42	8.07	4.74	170	47.9	16	8.21	2.15	6.71
17665	0.0242	0.0111	0.0726	0.0744	8.42	8.07	4.74	165	47.5	15.9	8.02	2.15	6.7
17670	0.0275	0.0236	0.0825	0.159	8.42	8.08	4.76	168	47.4	16	8.01	2.12	6.72
17675	0	0.0168	0	0.113	8.41	8.06	4.76	169	47.5	16	8.14	2.16	6.73
17680	0.0003	0.00586	0.0009	0.0394	8.39	8.04	4.74	169	47.3	16	8.27	2.2	6.73
17685	0.0029	0.00198	0.0087	0.0132	8.39	8.04	4.73	168	47.3	15.9	8.35	2.22	6.7
17690	0.02	0.00231	0.06	0.0153	8.4	8.06	4.72	164	47.3	15.8	8.2	2.19	6.65
17695	0.0191	0.0136	0.0573	0.0914	8.4	8.08	4.72	166	47.5	15.7	8.16	2.14	6.61
17700	0	0.0107	0	0.0707	8.38	8.06	4.71	167	47.5	15.7	8.28	2.15	6.58
17705	0	0.00374	0	0.0245	8.37	8.05	4.7	167	47.4	15.6	8.41	2.17	6.56
17710	0	0.000872	0	0.00567	8.36	8.06	4.69	167	47.5	15.5	8.53	2.18	6.52
17715	0	0.000157	0	0.00101	8.35	8.07	4.68	167	47.7	15.5	8.62	2.16	6.48
17720	0	0.0141	1.38	0.0913	7.41	7.61	4.69	125	41.1	15.6	13.9	2.6	6.48
17725	0	0.0177	0	0.114	7.39	7.61	4.68	126	40.8	15.6	17	2.92	6.45
17730	0	0.0156	0.00708	0.0994	7.48	7.61	4.66	130	41.7	15.5	18.9	2.99	6.4
17735	0	0.0139	0.00177	0.0877	7.52	7.61	4.64	132	41.9	15.4	19.8	3.03	6.34
17740	0	0.00881	0	0.0553	7.53	7.62	4.62	134	42.2	15.3	20.1	3.06	6.3
17745	0	0.00292	0	0.0183	7.61	7.62	4.61	138	42.3	15.3	19.4	3.07	6.26
17750	0	0.000665	0	0.00413	7.66	7.62	4.6	141	42.3	15.2	18.4	3.08	6.23
17755	0.0001	0.000117	0.0003	0.00072	7.7	7.62	4.59	143	42.4	15.2	17.4	3.08	6.21
17760	0	0.0000168	0	0.000099	7.72	7.62	4.58	144	42.4	15.1	16.6	3.08	6.18
17765	0	1.98E-06	0	0.0000081	7.73	7.62	4.57	145	42.4	15.1	15.8	3.07	6.16
17770	0	1.81E-07	0	-2.43E-06	7.74	7.62	4.56	145	42.5	15.1	15.2	3.07	6.14
17775	0.005	0.000586	0.015	0.00358	7.85	7.63	4.56	151	42.5	15	14.8	3.07	6.12
17780	0.0076	0.00134	0.0228	0.00818	7.96	7.63	4.55	156	42.5	14.9	14.3	3.07	6.1
17785	0.0146	0.00659	0.0438	0.0399	8.05	7.64	4.54	161	42.7	14.8	13.6	3.07	6.07
17790	0.0001	0.00417	0.0003	0.0252	8.06	7.64	4.53	162	42.8	14.8	13.2	3.07	6.06
17795	0.0054	0.00204	0.0162	0.0123	8.1	7.65	4.52	164	42.9	14.7	12.7	3.07	6.05
17800	0.013	0.00273	0.039	0.0165	8.16	7.66	4.51	166	43	14.7	12.1	3.06	6.04
17805	0.0415	0.0158	0.125	0.0953	8.24	7.83	4.54	168	45.3	14.7	11.4	2.84	6.03
17810	0.0628	0.0334	0.188	0.202	8.29	7.91	4.58	167	45.9	14.7	10.6	2.65	6.05
17815	0	0.0342	0	0.209	8.28	7.88	4.61	173	46.2	15	10.6	2.66	6.11
17820	0	0.015	0	0.093	8.27	7.85	4.61	173	46.1	15.2	10.7	2.73	6.18
17825	0.0764	0.0108	0.229	0.0672	8.35	7.94	4.63	160	45.9	15.2	9.56	2.58	6.23
17830	0.0438	0.0463	0.131	0.294	8.36	7.97	4.69	171	46.2	15.3	9.4	2.46	6.31
17835	0.0188	0.0453	0.0564	0.293	8.37	7.94	4.72	174	46.4	15.6	9.35	2.48	6.44
17840	0	0.0214	0	0.141	8.35	7.9	4.72	175	46.3	15.9	9.46	2.56	6.55
17845	0.0003	0.00638	0.0009	0.0423	8.34	7.9	4.72	175	46.3	15.9	9.57	2.61	6.61
17850	0.0145	0.0058	0.0435	0.0384	8.36	7.93	4.71	174	46.7	15.9	9.44	2.57	6.62
17855	0.0062	0.00521	0.0186	0.0345	8.37	7.94	4.71	173	46.9	15.9	9.3	2.54	6.62
17860	0.0014	0.00388	0.0042	0.0257	8.36	7.95	4.7	173	47.1	15.8	9.3	2.52	6.61
17865	0.0006	0.00198	0.0018	0.013	8.35	7.96	4.7	174	47.3	15.8	9.35	2.5	6.59
17870	0.0027	0.000934	0.0081	0.00612	8.36	7.98	4.69	173	47.6	15.7	9.33	2.47	6.57
17875	0.0001	0.000528	0.0003	0.00345	8.35	7.99	4.68	174	47.9	15.7	9.37	2.43	6.54
17880	0.0008	0.000228	0.0024	0.00148	8.35	8.01	4.68	174	48.2	15.6	9.39	2.39	6.52
17885	0.0024	0.000213	0.0072	0.00138	8.35	8.03	4.67	173	48.5	15.6	9.35	2.35	6.5
17890	0.0152	0.00227	0.0456	0.0146	8.38	8.05	4.66	172	48.6	15.5	9.11	2.3	6.46
17895	0.0311	0.0175	0.0933	0.114	8.4	8.08	4.69	173	48.5	15.6	8.89	2.22	6.48
17900	0.0053	0.0159	0.0159	0.104	8.4	8.05	4.7	174	48.3	15.7	8.8	2.24	6.53
17905	0.0059	0.00903	0.0177	0.0595	8.41	8.03	4.71	174	48.1	15.8	8.72	2.27	6.57
17910	0	0.00394	0	0.026	8.4	8.02	4.71	174	48	15.8	8.74	2.31	6.6
17915	0	0.00111	0	0.00732	8.39	8.02	4.7	174	48.1	15.8	8.82	2.32	6.61
17920	0.0309	0.00237	0.0927	0.0156	8.42	8.06	4.7	168	48	15.8	8.44	2.26	6.6
17925	0.0079	0.0156	0.0237	0.104	8.42	8.07	4.73	173	48.3	15.9	8.41	2.21	6.63
17930	0.0044	0.0111	0.0132	0.0741	8.42	8.05	4.74	173	48.1	16	8.39	2.23	6.68
17935	0.0203	0.0112	0.0609	0.0754	8.43	8.06	4.75	172	48	16.1	8.28	2.22	6.73
17940	0.0176	0.014	0.0528	0.0951	8.43	8.06	4.77	172	47.9	16.2	8.17	2.21	6.78
17945	0.0304	0.0153	0.0912	0.105	8.44	8.06	4.78	168	47.5	16.3	7.96	2.18	6.82
17950	0.0082	0.018	0.0246	0.124	8.43	8.05	4.79	170	47.6	16.4	7.96	2.19	6.86
17955	0	0.0116	0	0.0803	8.42	8.03	4.79	171	47.6	16.4	8.1	2.23	6.89
17960	0	0.00434	0	0.0299	8.4	8.02	4.78	171	47.5	16.4	8.24	2.26	6.89
17965	0	0.00108	0	0.00743	8.39	8.03	4.76	171	47.6	16.3	8.36	2.27	6.87
17970	0	0.000207	0	0.0014	8.39	8.04	4.75	171	47.9	16.2	8.47	2.25	6.84
17975	0.0063	0.000619	0.0189	0.00418	8.4	8.06	4.74	170	48.2	16.1	8.41	2.22	6.79
17980	0.0004	0.000922	0.0012	0.0062	8.39	8.08	4.73	170	48.5	16	8.43	2.18	6.74
17985	0	0.000321	0	0.00214	8.38	8.09	4.72	170	48.7	15.9	8.48	2.15	6.7
17990	0	0.0000684	0	0.000448	8.37	8.11	4.71	170	49	15.8	8.54	2.12	6.66
17995	0.001	0.000771	0.00477	0.00508	8.38	8.12	4.7	165	49	15.7	8.34	2.07	6.62
18000	0.0204	0.0196	10.2	0.127	7.75	7.63	4.69	141	43.1	15.8	11.9	2.65	6.52
18005	0	0.0231	0.00177	0.148	7.68	7.63	4.67	143	42.3	15.7	15.3	3.04	6.43
18010	0	0.0134	0	0.0849	7.69	7.64	4.65	140	44.1	15.7	17.5	2.94	6.37
18015	0	0.0119	0.0111	0.0748	7.98	7.67	4.64	166	43.6	15.6	15.3	3.02	6.31
18020	0.0129	0.0164	0.0387	0.102	8.07	7.68	4.62	168	44.1	15.5	14.5	3.07	6.26
18025	0.0181	0.0168	0.0543	0.104	8.14	7.7	4.62	172	44.4	15.5	13.8	3.1	6.23
18030	0.0216	0.0163	0.0648	0.101	8.19	7.71	4.62	174	44.6	15.5	13.2	3.11	6.21
18035	0	0.0124	0	0.0769	8.16	7.74	4.61	175	45.7	15.5	13.2	3.1	6.21
18040	0.0002	0.00462	0.0006	0.0287	8.16	7.77	4.6	176	46	15.5	13.2	3.06	6.21
18045	0	0.0115	0.0111	0.0715	8.19	7.84	4.61	174	46.8	15.4	12.8	2.92	6.2
18050	0	0.0114	0	0.0709	8.17	7.83	4.61	175	46.9	15.4	12.8	2.9	6.2
18055	0	0.00419	0	0.026	8.16	7.83	4.59	175	47	15.4	12.9	2.9	6.2
18060	0	0.00101	0	0.00622	8.15	7.84	4.58	175	47.3	15.3	13	2.87	6.18
18065	0.03	0.0084											

ANEXO 12 - Output do Modelo para um período de 50 anos

18075	0	0.00349	0	0.0214	8.2	7.87	4.57	179	47.7	15.2	12.5	2.78	6.15
18080	0	0.000845	0	0.00518	8.2	7.89	4.56	179	47.9	15.2	12.6	2.77	6.14
18085	0.0058	0.00128	0.0174	0.00785	8.23	7.91	4.56	180	48.3	15.1	12.3	2.73	6.13
18090	0	0.000591	0	0.00361	8.23	7.92	4.55	181	48.6	15.1	12.3	2.7	6.11
18095	0	0.0208	0.0444	0.127	8.27	8	4.59	177	48.3	15	11.7	2.52	6.1
18100	0.0006	0.0236	0.0018	0.145	8.25	7.96	4.6	179	48.4	15.1	11.6	2.53	6.14
18105	0	0.00963	0	0.0596	8.24	7.93	4.6	179	48.1	15.2	11.7	2.58	6.18
18110	0.0001	0.00251	0.0003	0.0156	8.22	7.93	4.59	179	48.1	15.2	11.8	2.61	6.2
18115	0	0.000497	0	0.00308	8.22	7.94	4.58	179	48.4	15.2	11.8	2.6	6.19
18120	0.0001	0.0000801	0.0003	0.000492	8.21	7.96	4.57	178	48.8	15.1	11.8	2.57	6.18
18125	0	0.0000108	0	0.0000632	8.2	7.98	4.57	178	49.1	15.1	11.8	2.52	6.16
18130	0	0.0000012	0	4.32E-06	8.2	8	4.56	176	49.5	15	11.8	2.48	6.15
18135	0	1.02E-07	0	-2.15E-06	8.2	8.02	4.55	173	49.8	15	12.1	2.43	6.13
18140	0	4E-09	0	-2.42E-06	8.16	8.03	4.55	184	50	14.9	11.1	2.39	6.12
18145	0	-7.49E-10	0	-2.11E-06	8.18	8.05	4.54	176	50.3	14.9	11.3	2.36	6.11
18150	0	-7.42E-10	0	-0.0000018	8.17	8.06	4.54	176	50.5	14.8	11.3	2.33	6.1
18155	0	-7.05E-10	0	-1.52E-06	8.17	8.07	4.53	175	50.7	14.8	11.3	2.3	6.09
18160	0	-6.98E-10	0	-1.28E-06	8.16	8.08	4.53	174	50.8	14.8	11.2	2.27	6.09
18165	0.0225	0.00233	0.0675	0.0141	8.3	8.09	4.52	181	50.7	14.7	11	2.24	6.07
18170	0.0014	0.00485	0.0042	0.0294	8.29	8.08	4.52	181	50.7	14.7	11	2.24	6.06
18175	0.0051	0.00273	0.0153	0.0165	8.31	8.07	4.51	182	50.5	14.7	10.9	2.26	6.06
18180	0.0085	0.00422	0.0255	0.0256	8.34	8.07	4.52	184	50.4	14.7	10.7	2.27	6.06
18185	0.0126	0.00552	0.0378	0.0335	8.36	8.07	4.52	184	50.2	14.7	10.5	2.27	6.06
18190	0.0033	0.00698	0.0099	0.0424	8.36	8.06	4.53	186	50.3	14.7	10.4	2.28	6.07
18195	0.0251	0.00988	0.0753	0.0602	8.39	8.08	4.56	185	50.1	14.8	10.1	2.26	6.09
18200	0.0162	0.0157	0.0486	0.0968	8.4	8.08	4.59	186	50.1	14.9	9.96	2.26	6.13
18205	0.0018	0.0107	0.0054	0.0667	8.4	8.05	4.6	187	50	15	9.96	2.29	6.19
18210	0.02	0.00918	0.06	0.0575	8.41	8.06	4.62	186	49.9	15.1	9.79	2.29	6.24
18215	0	0.00817	0	0.0516	8.4	8.05	4.63	186	49.9	15.2	9.85	2.31	6.29
18220	0.0086	0.0041	0.0258	0.026	8.41	8.05	4.63	185	49.8	15.2	9.76	2.33	6.32
18225	0.0116	0.00748	0.0348	0.0476	8.42	8.06	4.64	185	50	15.3	9.65	2.31	6.36
18230	0.0123	0.0103	0.0369	0.0661	8.42	8.07	4.65	186	50	15.4	9.54	2.3	6.4
18235	0.03	0.00991	0.09	0.0639	8.44	8.08	4.67	181	49.5	15.4	9.22	2.27	6.43
18240	0.0006	0.0145	0.0018	0.0946	8.43	8.07	4.68	184	49.8	15.5	9.28	2.28	6.49
18245	0.01	0.0106	0.03	0.0692	8.43	8.06	4.69	184	49.6	15.6	9.23	2.29	6.54
18250	0.0033	0.0061	0.0099	0.0401	8.43	8.05	4.69	184	49.5	15.7	9.23	2.32	6.57